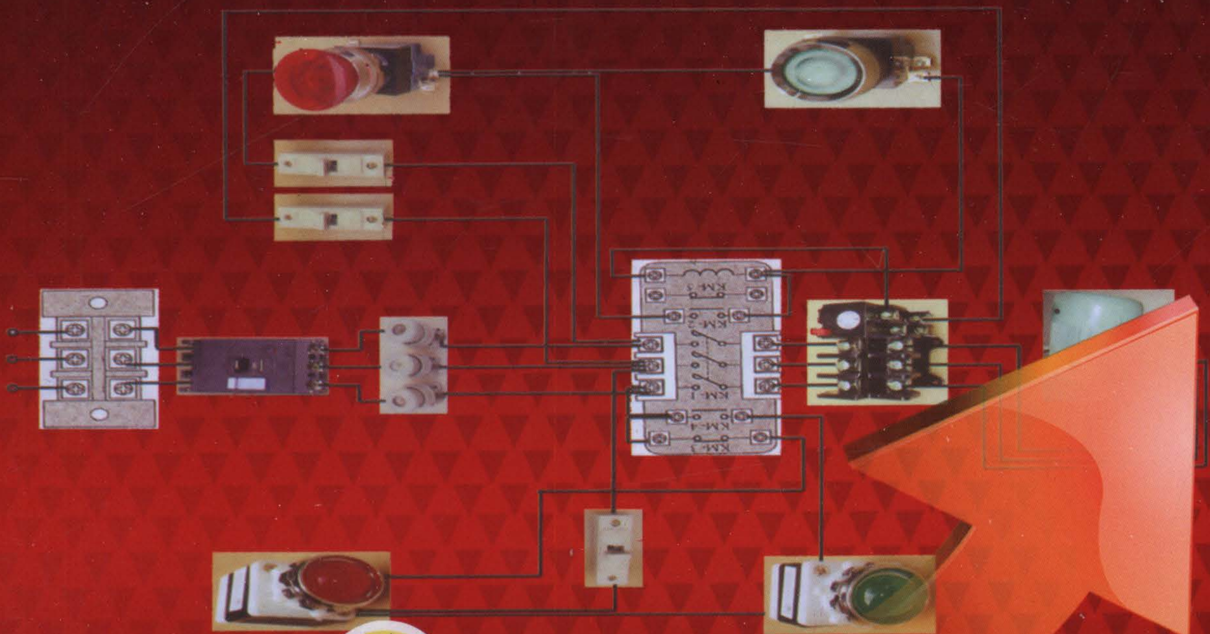


电工电子实用电路365例

王兰君　编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

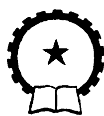
VISIT…

LANZAROTE
Caliente.com

电工电子名家畅销书系

电工电子实用电路365例

王兰君　编著



机 械 工 业 出 版 社

本书较全面地介绍了电工常用的各种电工控制电路与电子电路，并对每个电路的工作原理、电路特征，以及在应用中的注意事项做了简要说明。所选电路简单实用，内容包括：电动机常用控制电路，电动机常用减压起动电路，电动机常用顺序控制电路，电动机常用制动控制电路，电动机常用调速控制电路，电动机常用软起动与变频调速电路，电动机常用PLC 应用电路，电动机常用保护电路，电动机常用节电电路，电动机常用机床及其他机械设备控制电路，电动机常用自动控制电路，电动机常用供排水控制电路，新颖电子电路，小家电电器电路，防盗与报警电路，电工常用信号指示电路，电子开关、定时电路，电工常用电子电源电路，电工常用工业电子电路，电子遥控电路，电工常用照明电路。

本书内容新颖，形式多样，适合广大普通电工、配电设备电工、维修安装配电操作电工，以及职业院校电气相关专业的师生阅读、参考和应用。

图书在版编目（CIP）数据

电工电子实用电路 365 例/王兰君编著. —北京：机械工业出版社，2013.8

（电工电子名家畅销书系）

ISBN 978-7-111-43390-3

Ⅰ.①电… Ⅱ.①王… Ⅲ.①电路－基本知识②电子电路－基本知识 Ⅳ.①TM13②TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2013）第 160379 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号　邮政编码 100037）

策划编辑：张俊红　责任编辑：闾洪庆

版式设计：常天培　责任校对：闫玥红

封面设计：路恩中　责任印制：杨　曦

北京云浩印刷有限公司印刷

2013 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm · 20.5 印张 · 507 千字

0 001— 4000册

标准书号：ISBN 978-7-111-43390-3

定价：49.80元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务　　　　网络服务

社服务中心：（010）88361066　教材网：http://www.cmpedu.com

销售一部：（010）68326294　机工官网：http://www.cmpbook.com

销售二部：（010）88379649　机工官博：http://weibo.com/cmp1952

读者购书热线：（010）88379203　**封面无防伪标均为盗版**

出版说明

我国经济与科技的飞速发展，国家战略性新兴产业的稳步推进，对我国科技的创新发展和人才素质提出了更高的要求。同时，我国目前正处在工业转型升级的重要战略机遇期，推进我国工业转型升级，促进工业化与信息化的深度融合，是我们应对国际金融危机、确保工业经济平稳较快发展的重要组成部分，而这同样对我们的人才素质与数量提出了更高的要求。

目前，人们日常生产生活的电气化、自动化、信息化程度越来越高，电工电子技术正广泛而深入地渗透到经济社会的各个行业，促进了众多的人口就业。但不可否认的客观现实是，很多初入行业的电工电子技术人员，基础知识相对薄弱，实践经验不够丰富，操作技能有待提高。党的十八大报告中明确提出“加强职业技能培训，提升劳动者就业创业能力，增强就业稳定性”。人力资源和社会保障部近期的统计监测却表明，目前我国很多地方的技术工人都处于严重短缺的状态，其中仅制造业高级技工的人才缺口就高达400多万人。

秉承机械工业出版社“服务国家经济社会和科技全面进步”的出版宗旨，60多年来我们在电工电子技术领域积累了大量的优秀作者资源，出版了大量的优秀畅销图书，受到广大读者的一致认可与欢迎。本着“提技能、促就业、惠民生”的出版理念，经过与领域内知名的优秀作者充分研讨，我们打造了“电工电子名家畅销书系”，涉及内容包括电工电子基础知识、电工技能入门与提高、电子技术入门与提高、自动化技术入门与提高、常用仪器仪表的使用以及家电维修实用技能等。

整合了强大的策划团队与作者团队资源，本丛书特色鲜明：①涵盖了电工、电子、家电、自动化入门等细分方向，适合多行业多领域的电工电子技术人员学习；②作者精挑细选，所有作者都是行业名家，编写的都是其最擅长的领域方向图书；③内容注重实用，讲解清晰透彻，表现形式丰富新颖；④以就业为导向，以技能为目标，很多内容都是作者多年亲身实践的看家本领；⑤由资深策划团队精心打磨并集中出版，通过多种方式宣传推广，便于读者及时了解图书信息，方便读者选购。

本丛书的出版得益于业内最顶尖的优秀作者的大力支持，大家经常为了图书的内容、表达等反复深入地沟通，并系统地查阅了大量的最新资料和标准，更新制作了大量的操作现场实景素材，在此也对各位电工电子名家的辛勤的劳动付出和卓有成效的工作表示感谢。同时，我们衷心希望本丛书的出版，能为广大电工电子技术领域的读者学习知识、开阔视野、提高技能、促进就业，提供切实有益的帮助。

作为电工电子图书出版领域的领跑者，我们深知对社会、对读者的重大责任，所以我们

一直在努力。同时，我们衷心欢迎广大读者提出您的宝贵意见和建议，及时与我们联系沟通，以便为大家提供更多高品质的好书，联系信箱为 buptzjh@163. com。

机械工业出版社

前　言

当今科学技术的发展日新月异，新元件、新工艺、新设备层出不穷，急需广大电工技术人员更新知识和技能，与时俱进地跟上时代的发展，去学习新知识、新方法、新理论。比如，现在许多企业的设备自动化水平越来越高，PLC 技术、单片机技术、传感器技术、遥控技术的应用都需要广大电工去学习，以满足岗位的需要。

目前电子技术无处不在，电子技术无处不用，在我们生活的电子技术时代中，尤其是作为电工技术人员，更要学会和不断掌握更新的电工、电子知识和电路。

电工技术人员作为安装维修的主力军，对其知识和技术水平的要求越来越高。为了使电工技术人员更多地了解电工、电子电路，更全面地掌握电子技术，在实践中应用自如，特编写了本书。本书不但对提高电工的技术水平有很大帮助，并且能解决实际工作中的许多具体问题。本书通俗易懂，图文并茂，并突出实用性，具有“一点就通、一学就会”的特色。

本书详细介绍了大量的电工常用电子电路实例，使读者能从中得到启发、开阔眼界，并能帮助读者正确使用和快速安装维护电气电子设备，具有构思新颖、别具一格、通俗易懂、寓学于乐的特色。本书除坚持实用性外，还突出新颖性、技巧性、趣味性和可操作性，提高技术含量，让广大电工技术人员开卷有益，灵活掌握并解决好实际工作、生产中的问题和难题。

本书具有很强的可读性和实用性，对电工技术人员会有启迪和帮助作用。可供工矿企业、设计单位、农村电工技术人员作为实用资料使用。书中所列举的常用电路有的可直接应用，有的通过启发稍加改动和变更，举一反三就能应用到实际工作中，为安装、维修和操作技术人员提供了一份很好的借鉴和参考。

参加本书编写的人员还有：于荣宁、黄海平、黄鑫、邢军、王文婷、李燕、凌玉泉、张扬、刘彦爱、高惠瑾、凌万泉、李渝陵、朱雷雷、凌珍泉、贾贵超、刘守真、张从知、谭亚林、李霞、凌黎。

由于作者水平所限，书中难免有错误和不当之处，欢迎读者提出宝贵意见。

作者

目　录

出版说明

前言

第 1 章　电动机常用控制电路 …… 1

1.1　单相电容电动机的接线 …… 1
1.2　三相异步电动机改为单相运行 …… 2
1.3　可逆转换开关电路 …… 3
1.4　能发出开车信号的起停控制电路 …… 4
1.5　QZ73 系列综合起动器 …… 6
1.6　单向控制电动机磁力起动电路 …… 7
1.7　用按钮点动控制电动机起停电路 …… 8
1.8　可逆点动控制电路 …… 9
1.9　限位控制电路 …… 9
1.10　接触器联锁的正反转控制电路 …… 10
1.11　按钮联锁正反转控制电路 …… 12
1.12　利用转换开关改变运行方式 …… 13
1.13　利用转换开关预选的正反转起停控制电路 …… 13
1.14　低速脉动控制电路 …… 15
1.15　电动机自动快速再起动电路 …… 15
1.16　间歇运行控制电路（一） …… 17
1.17　间歇运行控制电路（二） …… 18
1.18　防止相间短路的正反转控制电路（一） …… 19
1.19　防止相间短路的正反转控制电路（二） …… 19
1.20　用电流继电器控制机械扳手电路 …… 20
1.21　多台电动机同时起动控制电路 …… 21
1.22　用电弧联锁继电器延长转换时间的正反转控制电路 …… 22
1.23　由三个接触器组成的正反转控制电路 …… 22

1.24　自动循环控制电路 …… 23
1.25　可逆点动与起动混合控制电路 …… 25
1.26　既能点动又能长期工作的控制电路 …… 26
1.27　安全电压控制电动机起停电路 …… 26
1.28　单按钮控制电动机起停电路 …… 27
1.29　电动机多点控制电路 …… 28
1.30　单线远程正反转控制电路 …… 29
1.31　单线远程起停控制电路 …… 30
1.32　电动葫芦的电气控制电路 …… 32
1.33　两台电动机联锁控制电路（一） …… 32
1.34　两台电动机联锁控制电路（二） …… 34
1.35　双速电动机用三个接触器的变速控制电路 …… 34
1.36　双速电动机自动加速控制电路 …… 34
1.37　双速电动机控制电路 …… 34
1.38　工矿常用行车电器操作控制电路 …… 37
1.39　电瓶铲车电气控制电路 …… 38

第2章　电动机常用减压起动电路 …… 40

2.1　QJ3 系列手动自耦减压起动器 …… 40
2.2　OX1 型手动控制Y－△减压起动电路 …… 42
2.3　手动串联电阻起动控制电路 …… 42
2.4　定子绕组串联电阻起动控制电路 …… 43
2.5　自耦变压器手动起动控制电路 …… 43
2.6　采用自耦变压器与时间继电器起动控制电路 …… 43
2.7　延边三角形减压起动电路 …… 45
2.8　频敏变阻器起动控制电路 …… 45
2.9　自动控制补偿器减压起动电路 …… 47
2.10　用三个接触器实现Y－△减压起动控制电路 …… 47
2.11　用两个接触器实现Y－△减压起动控制电路 …… 47
2.12　采用补偿器的起动控制电路 …… 49
2.13　手动Y－△减压起动控制电路 …… 49
2.14　笼型电动机Y－△换接起动控制电路 …… 50
2.15　用时间继电器自动转换Y－△起动控制电路 …… 51
2.16　用中间继电器、时间继电器延时转换的Y－△减压起动控制电路 …… 51
2.17　采用自耦变压器与时间继电器起动控制电路 …… 53
2.18　用晶体管延时电路自动转换Y－△起动控制电路 …… 53
2.19　定子绕组串电阻（或电抗）减压起动电路 …… 53
2.20　绕线转子异步电动机转子串电阻起动控制电路 …… 53

2.21　XJ01 型自动自耦减压起动柜电路 …… 56
2.22　XJ01 型 80～300kW 电动机起动配电电路 …… 58
2.23　频敏变阻器电路 …… 61
2.24　90～115kW 电动机 XJ011 系列自动控制自耦式减压起动柜电路 …… 62
2.25　STC 控制无触头减压起动电路 …… 64
2.26　SMC 无触头减压起动电路 …… 64
2.27　并励直流电动机手动起动控制电路 …… 65

第 3 章　电动机常用顺序控制电路 …… 67

3.1　两台电动机开机按顺序从前向后自动完成、而停机不按顺序操作 …… 67
3.2　防止同时按下两只起动按钮的顺序起动、同时停止电路 …… 67
3.3　四台电动机顺序起动、逆序停止控制电路 …… 69
3.4　顺序自动控制电路 …… 70
3.5　一种两台电动机联锁控制电路 …… 72
3.6　三台电动机手动任意起动，停止时必须从前向后顺序停止控制电路 …… 72
3.7　六台电动机手动逐台起动控制电路 …… 74

第 4 章　电动机常用制动控制电路 …… 77

4.1　电磁抱闸制动控制电路 …… 77
4.2　改进的电磁抱闸制动电路 …… 78
4.3　单向运转反接制动控制电路 …… 78
4.4　双向运转反接制动控制电路 …… 79
4.5　单向运转半波整流能耗制动电路 …… 80
4.6　单向运转全波整流能耗制动电路 …… 80
4.7　双向运转全波整流能耗制动电路 …… 81

第 5 章　电动机常用调速控制电路 …… 83

5.1　JD1A 型电磁调速控制器电路 …… 83
5.2　JZT 型电磁调速控制器电路 …… 84
5.3　JD1B、JD1C 型电磁调速控制器电路 …… 86
5.4　双速电动机定子绕组接线电路 …… 89
5.5　双速单相电动机控制电路 …… 90
5.6　大型他励直流电动机配电柜电路 …… 91
5.7　用三个交流接触器构成的三速异步电动机起动及加速控制电路 …… 92
5.8　单相异步电动机无级调速电路 …… 92
5.9　时间继电器控制的双速电动机自动加速电路 …… 93

5.10　双速电动机的控制电路 …… 94

第 6 章　电动机常用软起动与变频调速电路 …… 95

6.1　一台西普 STR 软起动器控制两台电动机电路 …… 95
6.2　一台西普 STR 软起动器起动两台电动机电路 …… 96
6.3　BCK 箔式绕组磁控式电动机软起动器电路 …… 97
6.4　常熟 CR1 系列电动机软起动器带旁路接触器的电路 …… 97
6.5　雷诺尔 JJR5000 系列智能型软起动器电路 …… 98
6.6　具有遥控设定箱的变频器调速电路 …… 99
6.7　具有三速设定操作箱的变频器调速电路 …… 100
6.8　VACON NX 系列变频器及 VFD-007V23A 变频器接线电路 …… 100
6.9　电动机变频器的步进运行及点动运行电路 …… 101
6.10　用单相电源变频控制三相电动机电路 …… 102
6.11　有正反转功能变频器控制电动机正反转调速电路 …… 102
6.12　无正反转功能变频器控制电动机正反转调速电路 …… 103

第 7 章　电动机常用 PLC 应用电路 …… 105

7.1　PLC 的指令系统与编程方法及电路 …… 105
7.2　PLC 自耦变压器控制多台电动机电路 …… 106
7.3　采用 PLC 进行电动机的正反转控制 …… 109
7.4　采用 PLC 对喷漆机械手进行定位控制 …… 110
7.5　PLC 桥式起重机检测控制电路 …… 111
7.6　PLC 电镀专用行车控制电路 …… 115
7.7　PLC 砂处理生产线控制电路 …… 117
7.8　PLC 高压离心风机控制电路 …… 119
7.9　PLC 多工步机床控制电路 …… 121

第 8 章　电动机常用保护电路 …… 124

8.1　电动机用双闸式保护电路 …… 124
8.2　安全电压控制电动机起停电路 …… 125
8.3　电动机保安接地电路 …… 125
8.4　电动机保安接零电路 …… 126
8.5　增加中间继电器做简易断相保护器电路 …… 127
8.6　电动机过电流保护电路 …… 128
8.7　晶闸管断相保护电路 …… 129
8.8　零序电压断相保护电路 …… 130

8.9 节电式零序电压断相保护电路 …… 131
8.10 欣灵 HHD2 电动机保护器典型应用电路 …… 133
8.11 利用三个电流互感器和一个电流继电器作电动机断相保护电路 …… 134
8.12 丫联结电动机断相保护电路 …… 135
8.13 工泰 GT－JDG1 电动机保护器电路 …… 135
8.14 新中兴 GDH－30 系列数显智能电动机保护器电路 …… 136
8.15 普乐特 MAM－A 系列电动机微电脑保护器电路 …… 137
8.16 EOCR 系列电动机保护器电路 …… 138
8.17 用继电器保护水浸电动机电路 …… 138
8.18 瑞新 GDBT6－BB 电动机保护器典型应用电路 …… 139
8.19 断电限位器电路 …… 140

第 9 章 电动机常用节电电路 …… 142

9.1 织布机节电自动开关电路 …… 142
9.2 移相电容节电放电电路 …… 144
9.3 用电流继电器作电动机丫－△节电转换 …… 144
9.4 用热继电器作电动机丫－△节电转换 …… 145
9.5 CKJ80、CKJ125 真空交流接触器电路 …… 145
9.6 电动机常用无声节电型交流接触器运行电路 …… 146
9.7 配电电容补偿电动机功率因数电路 …… 147
9.8 交流接触器无压运行装置 …… 148
9.9 交流接触器无声运行装置 …… 149
9.10 交流接触器改为直流运行节电法 …… 149
9.11 交流接触器无声节电运行电路 …… 150

第 10 章 电动机常用机床及其他机械设备控制电路 …… 151

10.1 C650 型卧式车床电气控制电路 …… 151
10.2 CW6163B 型车床电气控制电路 …… 152
10.3 M7120 型平面磨床电气控制电路 …… 153
10.4 Z35 型摇臂钻床电气控制电路 …… 156
10.5 X8120W 型万能工具铣床电气控制电路 …… 158
10.6 T68 型卧式镗床电气控制电路 …… 159
10.7 混凝土搅拌机的电气控制电路 …… 159
10.8 QTZ－60 型塔式起重机电气控制电路 …… 161
10.9 10t 桥式起重机的电气控制电路 …… 163
10.10 JS11PDN 型搅拌机控制器应用电路 …… 165
10.11 卷扬机控制电路 …… 166

10.12　带限位控制的卷扬机控制电路 …………………………………………………… 166

第 11 章　电动机常用自动控制电路 ………………………………………… 169

11.1　电动机自动气体循环炉控温电路………………………………………………… 169
11.2　喷水池自动喷水控制电路………………………………………………………… 170
11.3　电力变压器自动风冷电路………………………………………………………… 171
11.4　用电接点压力表做水位控制电路………………………………………………… 171
11.5　高位停低位开的自动控制电路…………………………………………………… 171
11.6　排气扇自动控制电路……………………………………………………………… 171
11.7　空气压缩机自动控制电路………………………………………………………… 176
11.8　砂轮机脚踏开关应用电路………………………………………………………… 177
11.9　双回路单相电源自投控制电动机电路…………………………………………… 178
11.10　双回路三相电源自投控制电动机电路 ………………………………………… 178

第 12 章　电动机常用供排水控制电路 ……………………………………… 180

12.1　采用 JYB714 型电子式液位继电器控制 220V 单相电动机进行供水的自动控制电路………………………………………………………………………… 180
12.2　采用 JYB714 型电子式液位继电器控制 380V 三相电动机进行供水的自动控制电路………………………………………………………………………… 181
12.3　采用 JYB714 型电子式液位继电器控制 220V 单相电动机进行排水的自动控制电路………………………………………………………………………… 181
12.4　采用 JYB714 型电子式液位继电器控制 380V 三相电动机进行排水的自动控制电路………………………………………………………………………… 182
12.5　采用 JYB－3 型电子式液位继电器控制 220V 单相电动机进行供水的自动控制电路………………………………………………………………………… 182
12.6　采用 JYB－3 型电子式液位继电器控制 380V 三相电动机进行供水的自动控制电路………………………………………………………………………… 184
12.7　采用 JYB－3 型电子式液位继电器控制 220V 单相电动机进行排水的自动控制电路………………………………………………………………………… 184
12.8　采用 JYB－3 型电子式液位继电器控制 380V 三相电动机进行排水的自动控制电路………………………………………………………………………… 185
12.9　UQK－2 型浮球液位变送器接线电路 …………………………………………… 185
12.10　UQK 型液位变送器（旧型号 GSK）接线电路 ………………………………… 187
12.11　GDB 型双池液位控制器电路 …………………………………………………… 189
12.12　简易水位自动控制电路 ………………………………………………………… 189
12.13　全自动水位控制水箱放水电路 ………………………………………………… 192
12.14　改进的水位自动控制电路 ……………………………………………………… 192
12.15　大型水塔自动控制供水电路 …………………………………………………… 192

12.16 给排水手动/定时控制电路 …… 193
12.17 具有手动操作定时、自动控制功能的供水控制电路 …… 195

第13章 新颖电子电路 …… 198

13.1 小型塑料封口机电路 …… 198
13.2 多媒体电脑有源音箱功放电路 …… 198
13.3 单片三端稳压器输出电流的扩展 …… 199
13.4 蓄电池恒流充电装置 …… 200
13.5 给纽扣电池充电 …… 200
13.6 学校铃声定时电路 …… 201
13.7 扬声器与简单高低音分频器连接 …… 201
13.8 1.5V干电池代替9V叠层电池 …… 201
13.9 双密码电锁 …… 202
13.10 简单的密码电锁 …… 202
13.11 简易电子锁 …… 203
13.12 煤气电子点火器电路 …… 203
13.13 用照明电路传递报警信号 …… 204
13.14 振动传感控制电路 …… 204
13.15 舞厅频闪灯电路 …… 205
13.16 Y982电加热器温控专用集成电路 …… 205
13.17 晶闸管三相交流开关 …… 206
13.18 一种晶闸管交流开关 …… 207
13.19 简单晶闸管交流调压器 …… 207
13.20 简易电子调压器（一） …… 207
13.21 简易电子调压器（二） …… 208
13.22 两用直流电源 …… 208
13.23 输出为2A的直流稳压电源 …… 208
13.24 输出电压可调的稳压电源 …… 209
13.25 电子验电器 …… 209
13.26 熔断器断路监视器 …… 210
13.27 CATV分支器电路 …… 210
13.28 闪烁警示灯电路 …… 211
13.29 LM386功放电路 …… 212
13.30 汉语语言报时电路 …… 212
13.31 多芯电缆断线点检测仪 …… 213
13.32 导线测断仪 …… 213
13.33 简易声光显示报警器 …… 214
13.34 两参数输入有触头信号报警器 …… 214
13.35 能区别瞬时故障的报警器 …… 214

13.36　简单断续声报警器 …… 215
13.37　停电、来电报警器 …… 215
13.38　水满报警器 …… 216
13.39　停电报警器 …… 216
13.40　声光报警器 …… 217
13.41　简易强放发射机电路 …… 217
13.42　车辆转弯语言提示电路 …… 218
13.43　发光式逻辑测试笔电路 …… 218
13.44　简单的电子报警器 …… 219
13.45　能传递信号的简单门铃 …… 219
13.46　简单实用的单线双向电铃 …… 219
13.47　单线远程控制双向电铃 …… 220
13.48　用音乐集成电路做电子门铃 …… 220
13.49　25W傻瓜功放 …… 221
13.50　电子喷泉电路 …… 221
13.51　倒车语言提示报警电路 …… 222
13.52　实用的调频无线话筒 …… 223
13.53　电子捕鼠器 …… 223
13.54　BZN－5型电子灭蝇器 …… 223
13.55　电子体温表电路 …… 224
13.56　摩托车、拖拉机大灯稳压器 …… 224
13.57　电子驱蚊器电路 …… 225
13.58　养鱼缸保温器电路 …… 225
13.59　0～30V连续可调稳压器电路 …… 226
13.60　单片三端稳压器的扩流电路 …… 226
13.61　防暴电枪电路 …… 227
13.62　用中频变压器代替遥控器晶体 …… 227
13.63　煤气炉点燃器 …… 228
13.64　家庭用电防过电压、防雷击保护电路 …… 228
13.65　婴儿尿布干湿检查器 …… 229
13.66　用双向过电压保护二极管构成的高压电路 …… 229
13.67　晶闸管高压发生器 …… 229
13.68　小型蓄电池充电机的制作 …… 230
13.69　声音电平指示灯 …… 230
13.70　桥式整流π形滤波电路 …… 231
13.71　自控“热得快”实用电路 …… 231
13.72　超声波打孔机电路 …… 232
13.73　用555时基集成电路构成的延时开关 …… 232
13.74　医用数字体温计 …… 233

13.75 电子变压器电路 …… 234
13.76 燃气熄火报警电路 …… 235
13.77 220V/110V 电子变压器 …… 235
13.78 公厕自动冲水控制器 …… 236
13.79 电子捕鱼器电路 …… 236
13.80 水龙头自动洗手电路 …… 237
13.81 大型充电电路 …… 238
13.82 电子蜡烛电路 …… 239
13.83 墙内导线探测电路 …… 239
13.84 摩托车电压调节器电路 …… 239
13.85 大直径 LED 指示灯电路 …… 240
13.86 节电延时开关电路 …… 241
13.87 燃气电子点火器电路 …… 241
13.88 单次脉冲放电型电子点火器电路 …… 242
13.89 用 TDA2822 改造分立元件音频放大电路 …… 242
13.90 用按钮控制的大型发光记分牌 …… 243
13.91 玩具电子鸟电路 …… 244
13.92 用 μPC1651 制作高性能 FM 话筒 …… 244
13.93 三端稳压器的并联扩流电路 …… 245
13.94 电子鸟电路 …… 245
13.95 双镀膜蜂鸣器电路 …… 246
13.96 速印机控制电路 …… 246
13.97 车用电热式闪光器电路 …… 247

第 14 章 小家电电器电路 …… 248

14.1 用 D2283 构成的 BTL 音频放大电路 …… 248
14.2 “流水”扬声器电路 …… 248
14.3 扩音机啸叫抑制电路 …… 249
14.4 高性能电火锅调整输出功率电路 …… 250
14.5 微波炉磁控管供电电路 …… 250
14.6 双开关自动保温式电饭锅控制电路 …… 251
14.7 单开关自动保温式电饭锅控制电路 …… 251

第 15 章 防盗与报警电路 …… 252

15.1 激光探测防盗报警电路 …… 252
15.2 中小型变压器高压侧断相报警电路 …… 253
15.3 变压器超温报警器电路 …… 253

15.4 简单的电子报警电路 …… 253
15.5 电工常用警语牌电路 …… 254
15.6 夜间作业闪光标志灯电路 …… 254
15.7 给门铃增加防盗报警功能电路 …… 255
15.8 电力电缆防盗割报警电路 …… 255
15.9 交流电动机防盗报警电路 …… 256
15.10 漏电报警插座电路 …… 256
15.11 交流电网停电、复电两用声响电路 …… 257
15.12 远距离潜水电泵防盗报警器电路 …… 257

第 16 章 电工常用信号指示电路 …… 259

16.1 用一个变色发光二极管作机床电气运行、停止、过载指示电路 …… 259
16.2 彩色三相指示灯电路 …… 259
16.3 白炽灯闪烁发光电路 …… 260
16.4 三路互备自投供电装置指示灯电路 …… 260
16.5 潜水电泵断相监测灯电路 …… 261
16.6 无功补偿并联电容放电指示灯电路 …… 262
16.7 简易绝缘检测器电路 …… 262
16.8 自装交流电源相序指示器电路 …… 262
16.9 简易自装交流电源相序指示器电路 …… 263
16.10 用交流电源和灯泡测定电动机三相绕组头尾的电路 …… 263
16.11 用耳机、灯泡组成简易测线通断器电路 …… 264
16.12 三相电源相序指示电路 …… 264
16.13 三相电源断相告知电路 …… 265
16.14 电气设备工作状态指示电路 …… 265
16.15 插座接线安全检测信号指示器电路 …… 266
16.16 红绿灯相序指示器电路 …… 267

第 17 章 电子开关、定时电路 …… 268

17.1 双向晶闸管无级调光、调速电路 …… 268
17.2 交流电子继电器电路 …… 268
17.3 接近开关电路 …… 269
17.4 触摸开关电路 …… 269
17.5 电子双联开关电路 …… 270

第 18 章 电工常用电子电源电路 …… 271

18.1 三端可调式直流稳压电源电路 …… 271

18.2. 开关稳压电源电路 …… 271
18.3 输出12V/2A的直流电源电路 …… 272
18.4 双电压可调稳压电源电路 …… 273
18.5 触摸开关电源电路 …… 274

第19章 电工常用工业电子电路 …… 275

19.1 炉温调节电路 …… 275
19.2 塑料热合机电路 …… 275
19.3 塑料袋封口机电路 …… 276
19.4 晶闸管构成的塑料封口机电路 …… 277
19.5 造纸印刷应用电路 …… 278
19.6 路口交通灯转换电路 …… 278
19.7 印刷厂速印机电路 …… 279
19.8 工业静电消除电路 …… 280
19.9 工业生产防抖动电路 …… 280
19.10 自动切纸机电路 …… 281
19.11 锅炉控制电路 …… 281
19.12 溶液浓度检测电路 …… 282
19.13 单相交流电动机电子调速控制电路 …… 283
19.14 工业织布机控制电路 …… 283
19.15 工业织布机节电电路 …… 284
19.16 工业常用点火电路 …… 284

第20章 电子遥控电路 …… 286

20.1 磁控式遥控开关电路 …… 286
20.2 光电遥控开关电路 …… 286
20.3 防止儿童走失无线遥控电路 …… 287
20.4 超声波遥控开关电路 …… 287
20.5 遥控直流电动机正反转电路 …… 288

第21章 电工常用照明电路 …… 289

21.1 荧光灯接线电路 …… 289
21.2 双荧光灯的户外广告双灯管接法 …… 289
21.3 荧光灯四线镇流器接法 …… 290
21.4 荧光灯节能电子镇流器电路 …… 290
21.5 探照灯、红外线灯、碘钨灯、钠灯接线电路 …… 291

21.6 紫外线杀菌灯接线电路 …… 292
21.7 高压汞灯接线电路 …… 292
21.8 管形氙灯接线电路 …… 292
21.9 用两个双联开关在两地控制一盏灯电路 …… 293
21.10 用三个开关控制一盏灯电路 …… 294
21.11 将两个 110V 灯泡接在 220V 电源上使用的电路 …… 294
21.12 用 555 时基集成电路组成的光控灯电路 …… 294
21.13 门控自动灯电路 …… 295
21.14 追逐式彩灯电路 …… 296
21.15 重要场所停电应急照明灯自投电路 …… 296
21.16 KG316T 微电脑时控开关接线电路 …… 297
21.17 霓虹灯供电电路 …… 299
21.18 霓虹灯闪光电路 …… 299
21.19 应急照明灯电路 …… 300
21.20 微光调光定时有线遥控器电路 …… 300
21.21 电话自控照明灯电路 …… 301
21.22 声光控自动照明灯电路 …… 302

附录 电工常用电气电路图形符号与文字符号 …… 304

第 1 章 电动机常用控制电路

1.1 单相电容电动机的接线

单相电容电动机起动转矩大，起动电流小，功率因数高，广泛应用于家用电器中，如电风扇、洗衣机。为了便于维修安装，现介绍这种电动机常用的接线方法。

图 1-1a 为可逆控制电路，操纵开关 S2，可改变电动机的转向，这种电路一般应用于家庭洗衣机上。

图 1-1b 为带辅助绕组的接线电路，拨动开关 S，可改变辅助绕组的抽头，即改变主绕组的实际承受电压，从而改变电动机的转速。这种接线方法常用于电风扇上。

图 1-1c 为带电抗器调速的电容电动机接线电路。由于电抗器的串入，使其在电路中起到降压作用，调节电抗器绕组的串入量，即可改变转速。这种方法目前广泛应用在家用电风扇电路中。在起动电动机时一般先拨到 1 挡上，即为高挡，这时电抗器不接入电路，使电动机在全压下起动，然后再拨 2 挡或任何挡来调节电动机转速。

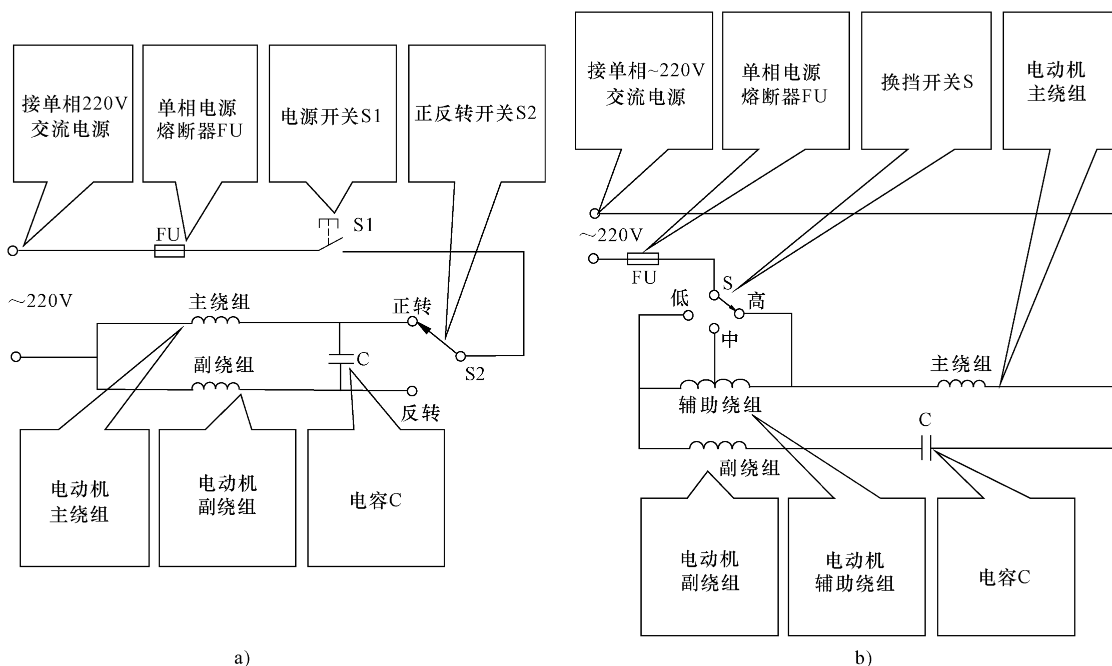
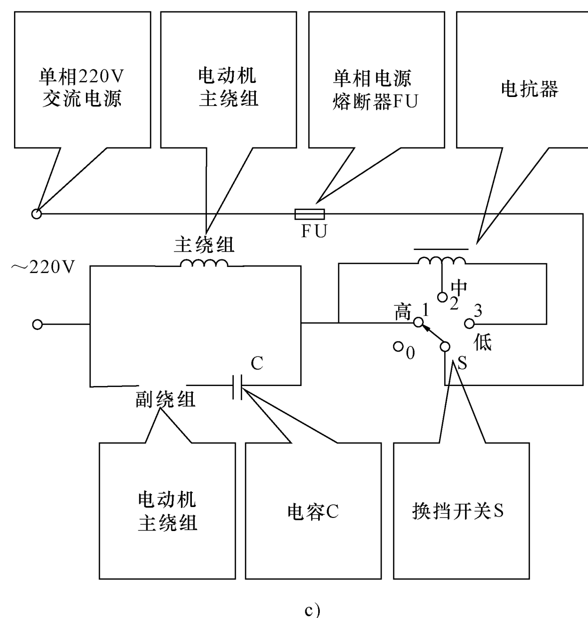


图 1-1　单相电容电动机的接线



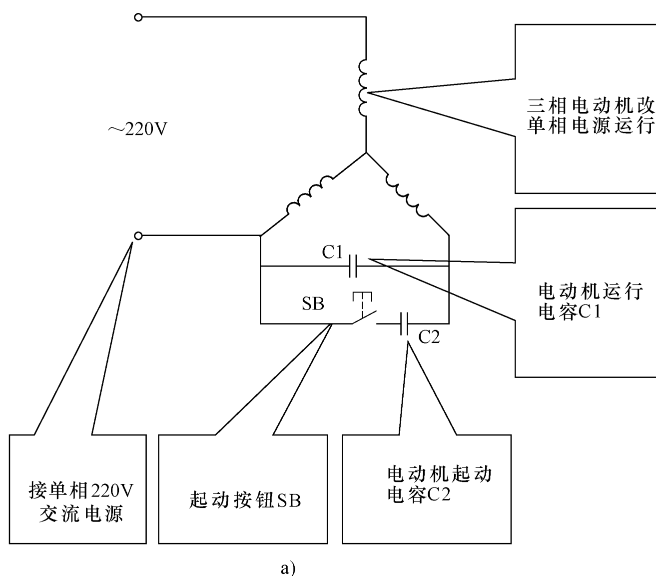
c)

图 1-1　单相电容电动机的接线（续）

1.2　三相异步电动机改为单相运行

如果只有单相电源和三相异步电动机供使用，可采用并联电容方法使三相异步电动机改为单相运行。

图 1-2a 所示为Y联结电动机连接方法；图 1-2b 所示为△联结电动机连接方法。为了提高起动转矩，将起动电容 C2 在起动时接入电路中，在起动完毕后退出。



a)

图 1-2　三相异步电动机改为单相运行



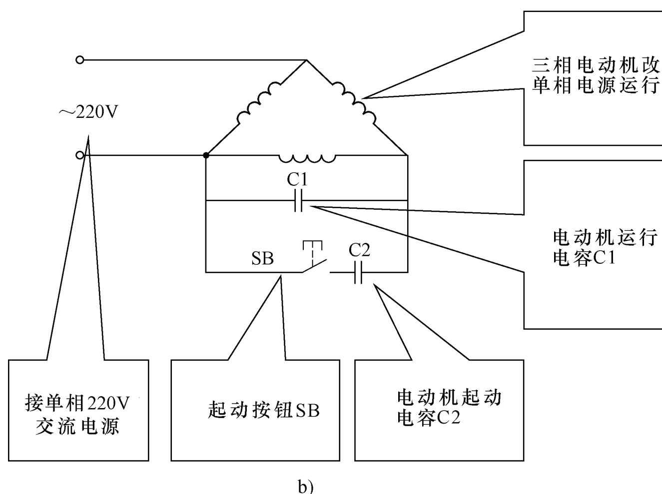


图 1-2 三相异步电动机改为单相运行（续）

工作电容容量（μF）的计算公式如下：

$$C_1 = \frac{1.950I}{U\cos\phi}$$

式中，I 为电动机额定电流；U 为单相电源电压；$\cos\phi$ 为电动机的功率因数。当计算出工作电容后，起动电容选用工作电容的 1 ~ 4 倍。

1.3 可逆转换开关电路

QX1 - 13M/4.5 型可逆转换开关适用于交流 50Hz，电压为 380V，容量为 4.5kW 以下的三相异步电动机作直接起动、停止及逆转之用。它具有安装方便、功能较全、成本较低的优点，适用于操作正反转工作不频繁的场所，尤其适用于升降机、电动起重机等的电气开关。但它所控制的电动机不具备任何保护装置，开关不能自动复位需手动操作。

QX1 - 13M/4.5 型可逆转换开关电路如图 1-3 所示。它的内部有六个动触头，分成两组，L1、L2、L3 分别接三相电源，U1、V1 和 W1 分别接电动机。可逆转换开关的手柄有三个位置：当手柄处于“停止”位置时，开关的两组动触头都不与静触头接触，所以电路不通，电动机不转；当手柄拨到“正转”位置时，A、B、D、E 触头闭合，电动机接通电源，正向运转；当电动机需向反向运转时，可把可逆转换开关手柄拨到“反转”位置上，这时 A、B、C、F 触头接通，电动机换向反转。

使用可逆转换开关需注意以下问题：

1）可逆转换开关正常操作频率为 200 次/h，如果需提高操作频率，则应根据实际情况降低容量使用。

2）可逆转换开关一般为水平或垂直安装，也可以倾斜安装，其倾斜度不得大于 30°，但不得倒装。

3）可逆转换开关接线时，要按电路图连接，其连接线必须用铜导线，截面积应不小于

$4\mathrm{mm}^2$，接线螺钉必须拧紧。

4）可逆转换开关必须装接地线，接地线截面积不应小于 $4\mathrm{mm}^2$，要用多股铜导线连接在接地螺钉上。

5）在接线前要用干燥的软布将开关上绝缘件的灰尘除去，特别是相邻两线间距的灰尘一定要擦净。接线后，在切断电源的情况下，拨动手柄让其拨到正转或倒转位置上，检查触头的接触是否良好，只有接触良好，方能通电使用。

6）可逆转换开关用6mm长螺钉穿过外壳底部四个孔在适当位置上加以固定。

7）在操作可逆转换开关，使电动机处于正转状态时，如需反转，必须先将手柄拨至“停转”位置，然后再把手柄拨至“反转”位置。

8）开关应串接三只合适的熔丝，以防负载及开关短路造成事故。

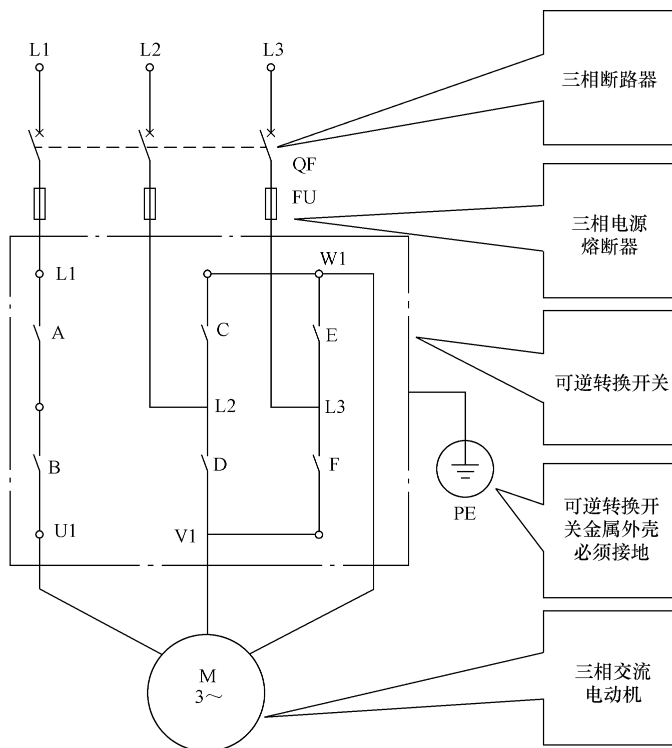


图1-3　可逆转换开关电路

1.4　能发出开车信号的起停控制电路

在一些大型的机器设备，靠电动机传动的运动部件移动范围很大，故开车前都需发出开车信号，经过一段时间再起动电动机，以便告知工作人员及维修人员远离设备。图1-4所示电路可实现自动发开车信号功能。

当工作中需要开车时，按下开车按钮SB1，接触器KM2得电吸合，电铃和灯光均发出开车信号，此时时间继电器KT也同时得电，经过1min后（时间可根据需要调整），KT延时常开触头闭合，接通KM1并自锁，电动机开始运转。同时由于KM1的吸合，又断开了

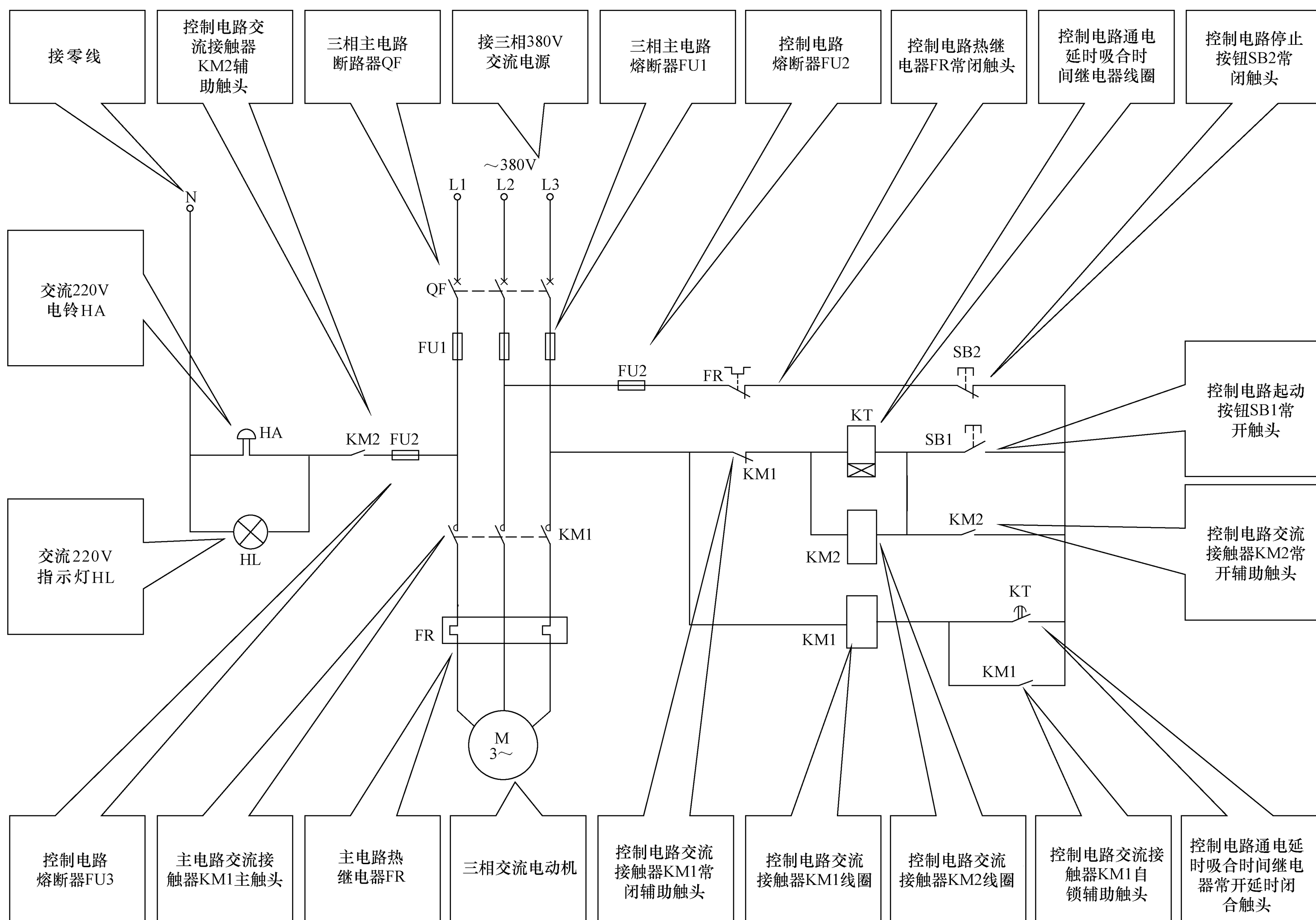


图 1-4　能发出开车信号的起停控制电路

KM2，电铃和指示灯失电停止工作。

1.5　QZ73系列综合起动器

QZ73系列综合起动器是一种简单省时省事的小配电成型设备，在我国某些地区也非常常见。它可控制12.5kW以下的Y系列、JO2系列小型电动机的起动、运行和停止，并可起到短路保护、过载保护作用，它的接线方法常用的有四种，如图1-5所示。在应用QZ73系列综合起动器时要注意以下问题：

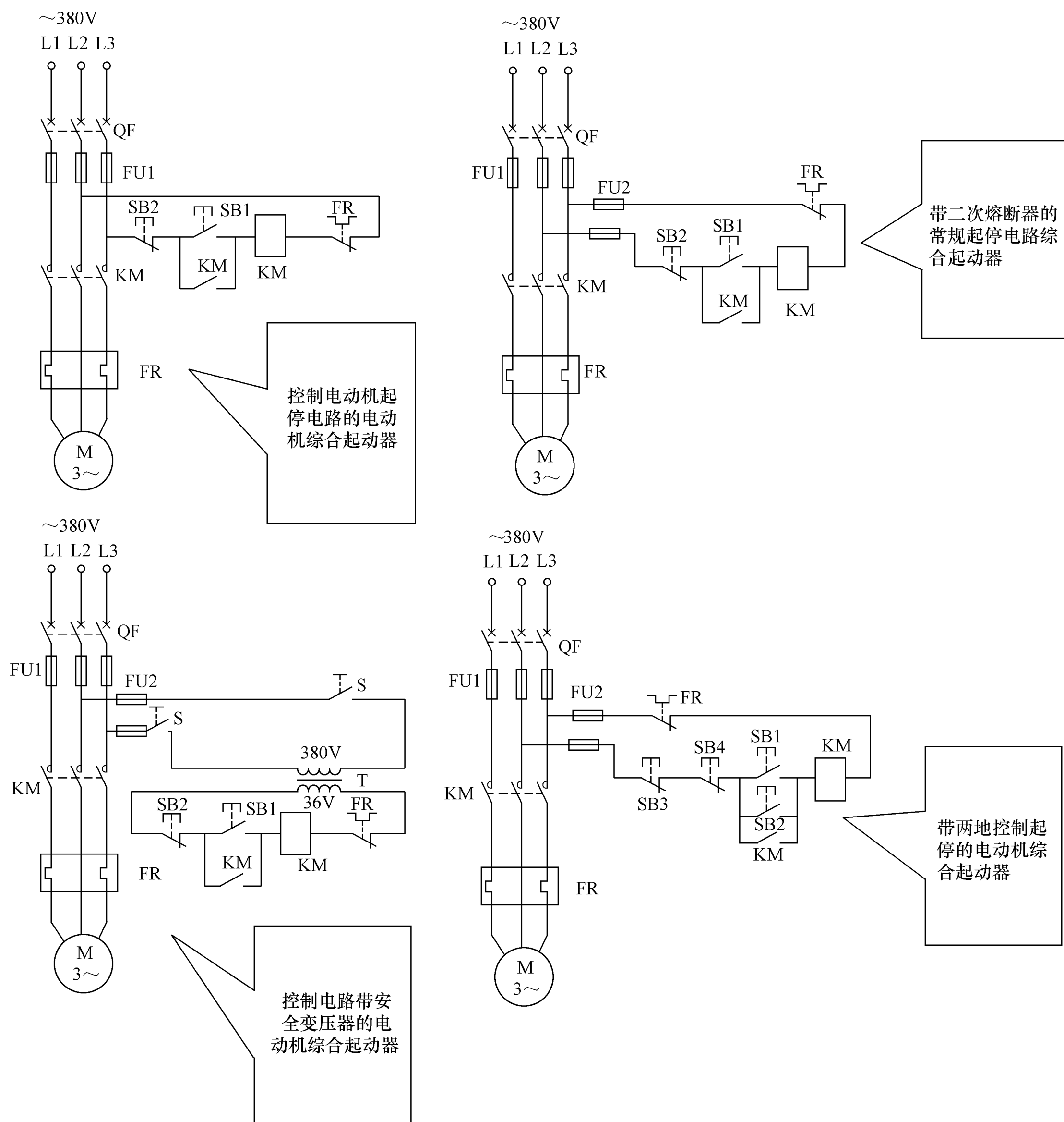


图1-5　QZ73系列综合起动器电路



1）起动器应垂直安装于直立的平面上，与垂直面的倾斜度不得超过5°。

2）安装起动器时，可用四个M6螺钉并加上垫圈及弹簧垫圈固定于墙面上。

3）进线孔与电缆钢管之间应以螺母垫圈密封，防止尘埃侵入。

4）热继电器出厂时均调整为自动复位，如需手动复位，可将热继电器里面的小触头螺钉左旋退出即可。

5）起动器内凡采用瓦形垫圈的接线端子均可连接1根或2根导线，不必弯成圆圈形状，接线时也不必取下瓦形垫圈。

6）接好线时，应旋紧未接线的接线螺钉，防止掉落。

7）综合起动器的金属外壳应接地，接地螺钉位于防护外壳下端，内外均可接地线。

8）综合起动器使用日久发出噪声，可用压缩空气或小毛刷将衔铁极面的灰尘清除干净。

9）起动器内交流接触器银触头的弹簧压缩超程小于0.5mm时，应更换触头。

10）未将灭弧罩装在接触器上面时，严禁带负荷起动综合起动器开关，以防弧光短路。

11）在装配熔断器时，螺钉应旋紧。

1.6 单向控制电动机磁力起动电路

在工矿生产中，控制电路应用最多的是单向控制电动机磁力起动电路，它能单方向控制电动机起停，还具有自锁、短路保护和过载动作保护作用。具有自锁的正转控制电路如图1-6所示。起动电动机时，合上电源开关QF，按下起动按钮SB1，接触器KM线圈获电，

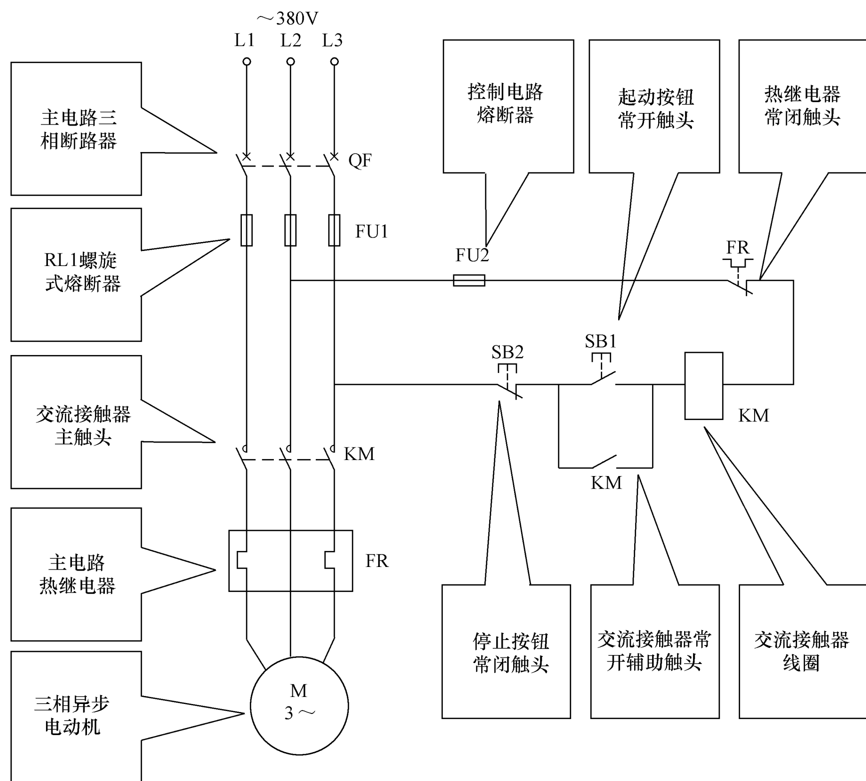


图1-6 单向控制电动机磁力起动电路

KM 主触头闭合，使电动机 M 运转；松开 SB1，由于接触器 KM 常开辅助触头闭合自锁，控制电路仍保持接通，电动机 M 继续运转。停止时，按下 SB2，接触器 KM 线圈断电，KM 主触头断开，电动机 M 停转。

具有自锁的正转控制电路的另一个重要特点是它具有欠电压与失电压（或零压）保护作用。当电动机过载时，主电路热继电器 FR 所通过的电流超过额定电流值，使 FR 内部发热，其内部双金属片弯曲，推动 FR 常闭触头断开，接触器 KM 的线圈断电释放，电动机便脱离电源停转，起到了过载保护作用。

1.7　用按钮点动控制电动机起停电路

在工业生产过程中，常会见到用按钮点动控制电动机起停。它多适用在快速行程以及地面操作行车等场合。控制电路如图 1-7a 所示。当需要电动机工作时，按下按钮 SB，交流接触器 KM 线圈获电吸合，使三相交流电源通过接触器主触头与电动机接通，电动机便起动运行。当放松按钮 SB 时，由于接触器线圈断电，吸力消失，接触器便释放，电动机断电停止运行。

图 1-7b 所示为用按钮点动控制电动机起停电路实际连接电路，照此连接，可安装一个用按钮点动控制电动机起停配电电路。

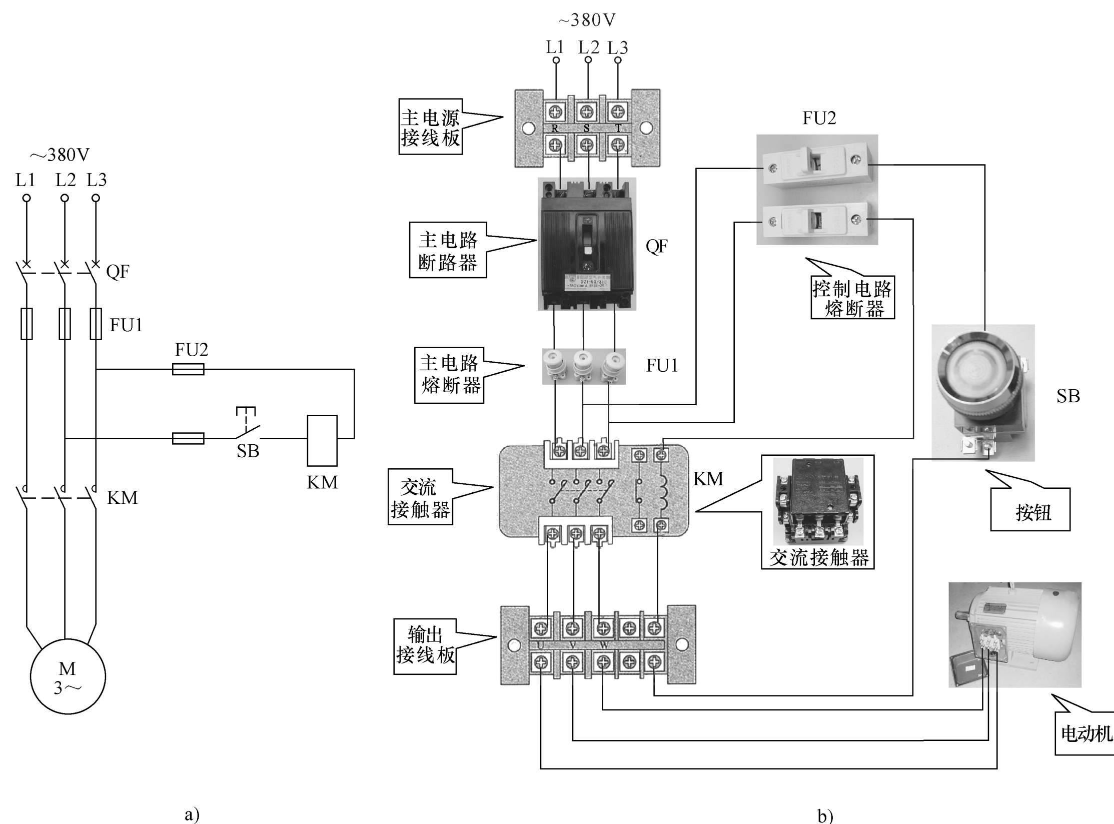


图 1-7　用按钮点动控制电动机起停电路



1.8 可逆点动控制电路

可逆点动控制电路如图 1-8 所示。当按下 SB1 时，接触器 KM1 得电吸合，电动机 M 正向转动，当按下 SB2 时，接触器 KM2 得电吸合，电源相序改变，电动机反向转动，当松开 SB2 或 SB1 时，电动机停转实现了可逆点动要求。

为了防止两个接触器同时接通造成两相短路，在两个线圈回路中各串一个对方的常闭辅助触头作联锁保护。

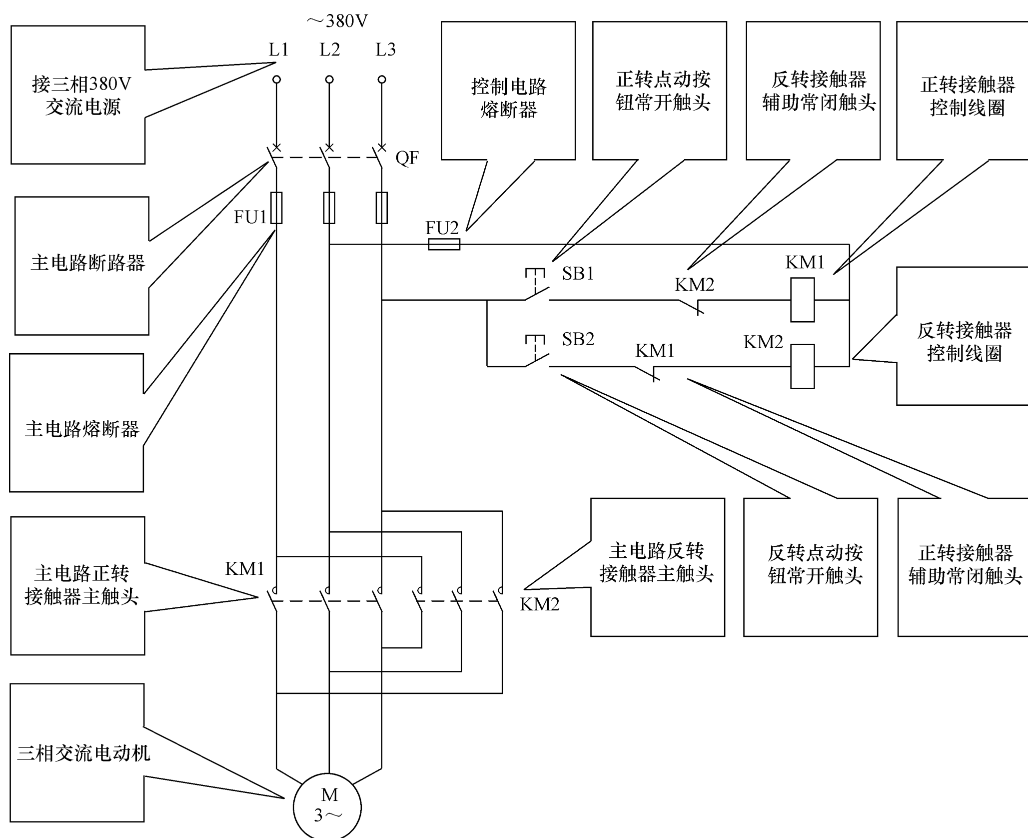


图 1-8 可逆点动控制电路

1.9 限位控制电路

限位控制电路如图 1-9 所示。图中 SQ1 和 SQ2 为限位开关，装在预定的位置上。

当按下 SB1，接触器 KM1 线圈获电动作，电动机正转起动，运动部件向前运行，当运行到终端位置时，装在运动物体上的挡铁碰撞行程开关 SQ1，使 SQ1 的常闭触头断开，接触

器 KM1 线圈断电释放，电动机断电，运动部件停止运行。此时，即使再按 SB1，接触器 KM1 的线圈也不会获电，故保证了运动部件不会越过 SQ1 所在的位置。当按下 SB2 时，电动机反转，运动部件向后运动至挡铁碰撞行程开关 SQ2 时，运动部件停止运动。如中间需停车，可按下停止按钮 SB3。

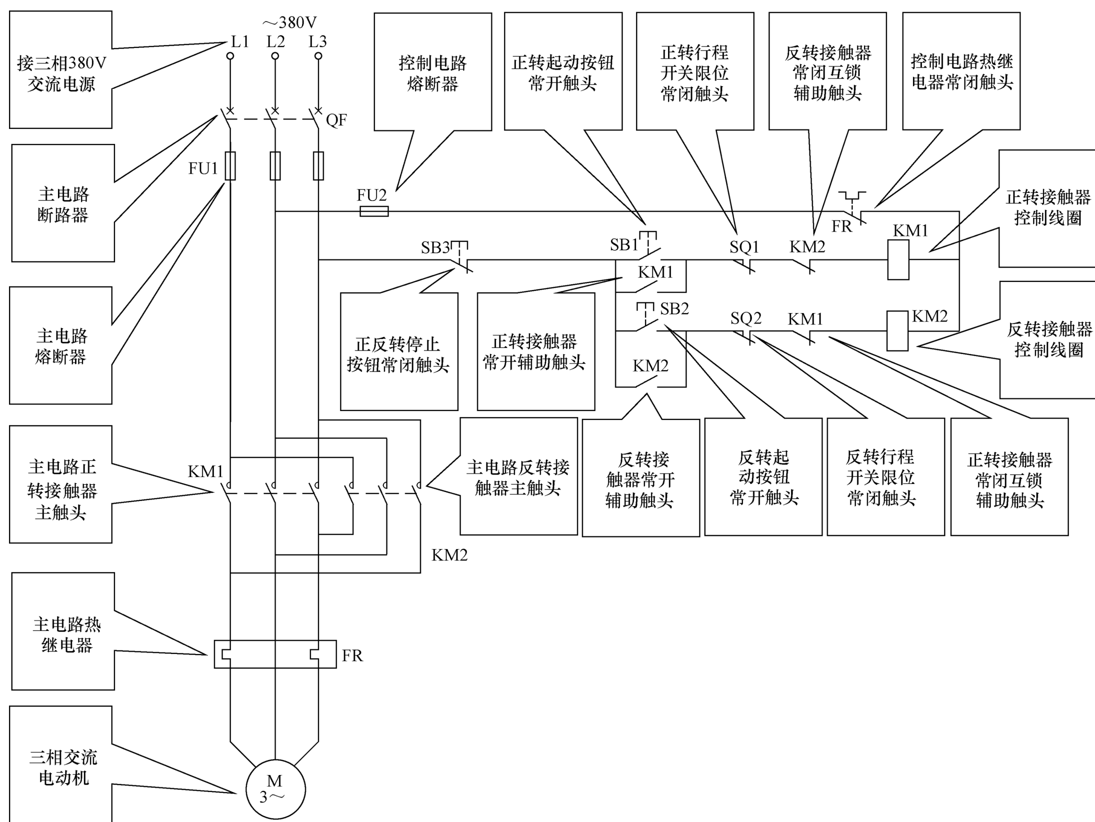


图 1-9　限位控制电路

1.10　接触器联锁的正反转控制电路

图 1-10 所示为接触器联锁的正反转控制电路。图中采用了两个接触器，即正转用的接触器 KM1 和反转用的接触器 KM2，由于接触器的主触头接线的相序不同，所以当两个接触器分别工作时，电动机的旋转方向相反。

电路要求接触器不能同时通电。为此，在正转与反转控制电路中分别串联了 KM2 和 KM1 的常闭触头，以保证 KM1 和 KM2 不会同时通电。

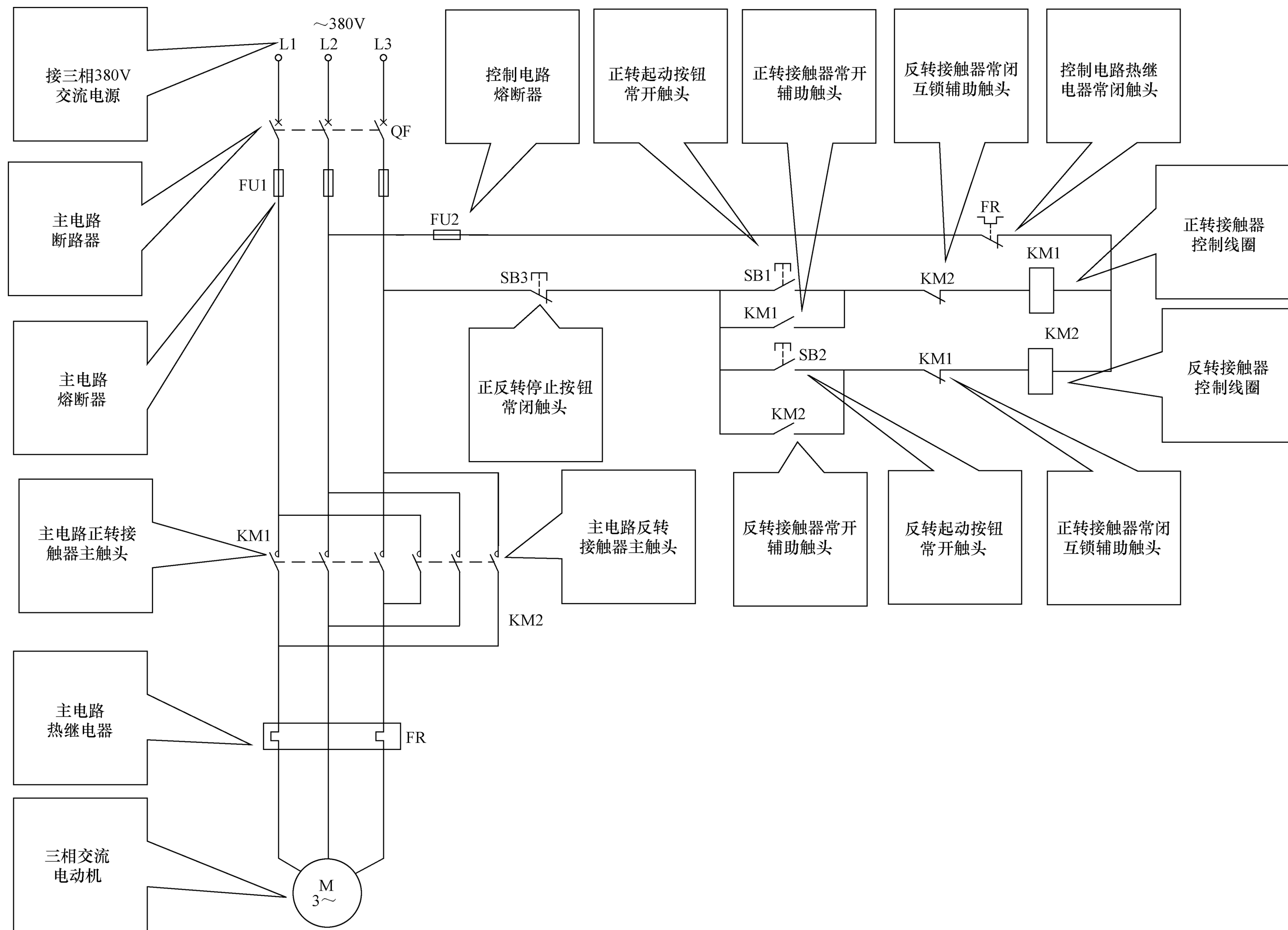


图 1-10　接触器联锁的正反转控制电路

1.11 按钮联锁正反转控制电路

电路如图 1-11 所示，它采用了复合按钮，按钮互锁连接。当电动机正做正向运行时，按下反转按钮 SB2 时，首先是使接在正转控制电路中的 SB2 常闭触头断开，于是，正转接触器 KM1 的线圈断电释放，触头全部复原，电动机断电但做惯性运行，紧接着 SB2 的常开触头闭合，使反转接触器 KM2 的线圈获电动作，电动机立即反转起动。这既保证了正反转接触器 KM1 和 KM2 不会同时通电，又可不按停止按钮而直接按反转按钮进行反转起动。同样，由反转运行转换成正转运行，也只需直接按正转按钮。

这种电路的优点是操作方便，缺点是如正转接触器主触头发生熔焊而分断不开时，直接按反转按钮进行换向，会产生短路事故。

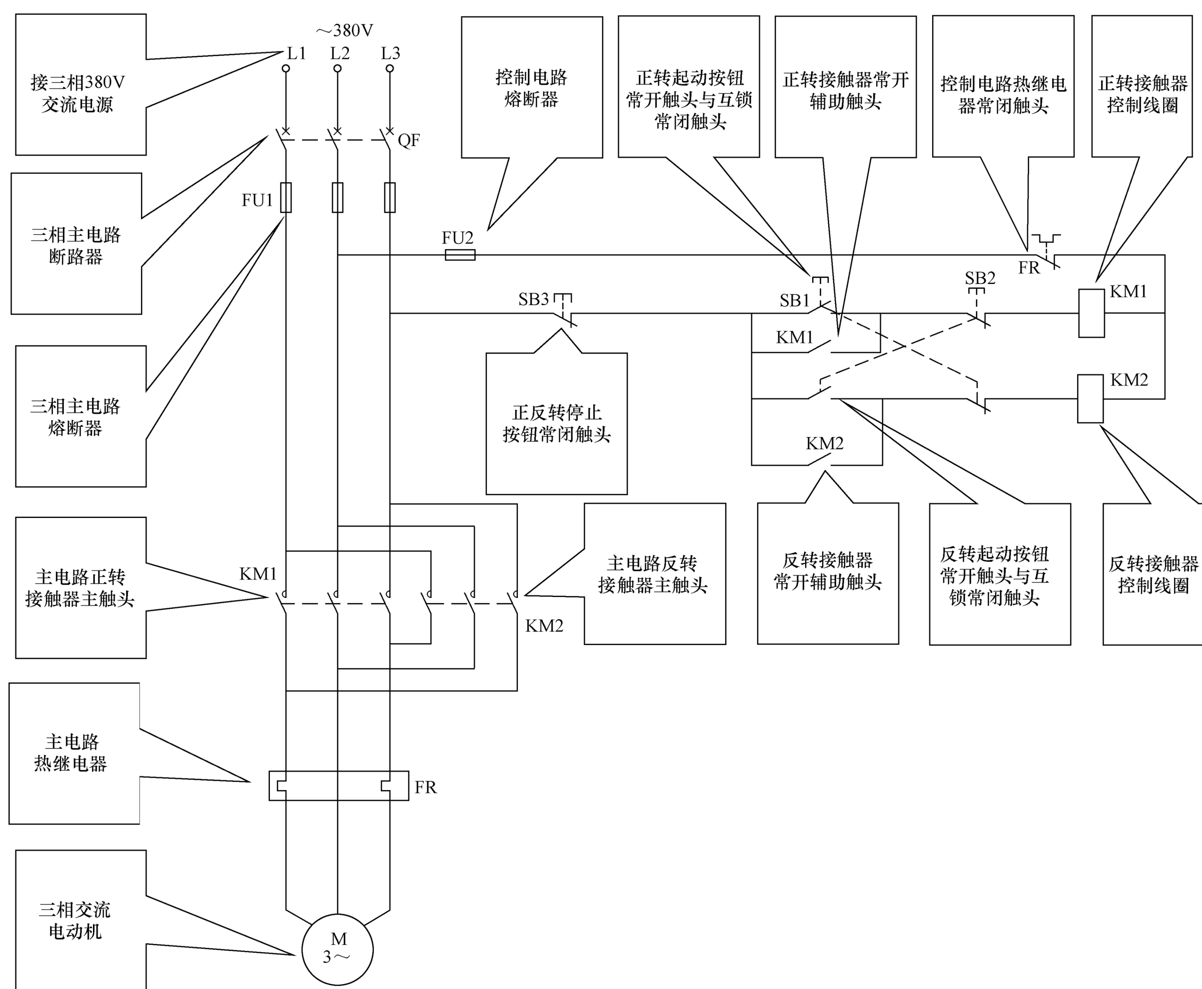


图 1-11 按钮联锁正反转控制电路



1.12 利用转换开关改变运行方式

在电路中加一只转换开关，就能灵活地改变操作控制方式。图 1-12 中当 S 断开时，由按钮 SB1 进行点动控制；当 S 开关闭合时，接通交流接触器的自锁触头 KM，可由按钮 SB1 进行正常的起停控制，应用连接电路时，可按图中文字说明和元器件大致有选择性地去连接安装即可使用。

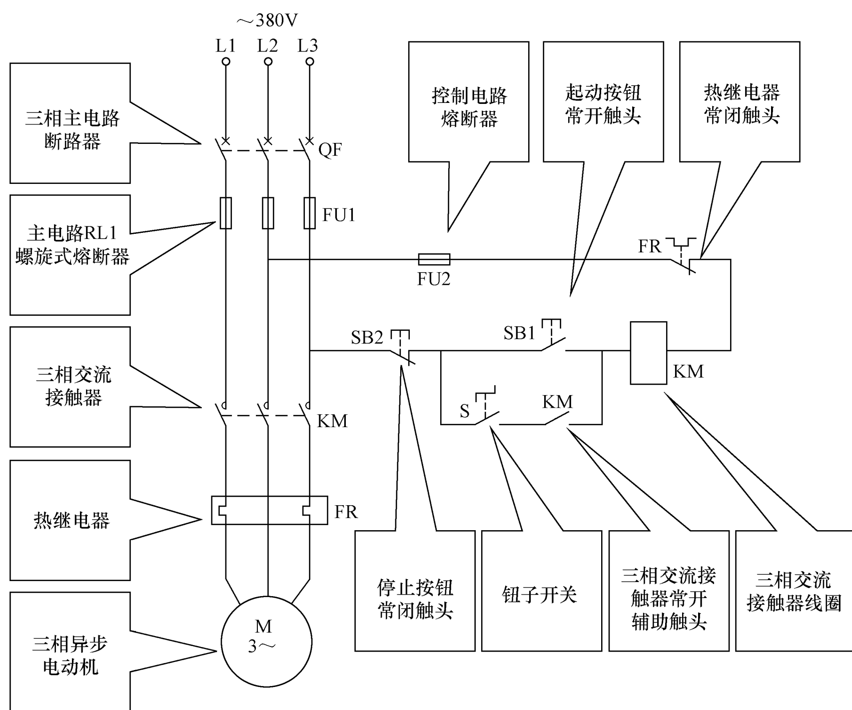


图 1-12 利用转换开关改变运行方式

1.13 利用转换开关预选的正反转起停控制电路

从事电工工作的朋友都知道，要使三相异步电动机反转，只需将引向电动机定子的三相电源线中的任意两根导线对调一下即可。而图 1-13 所示电路是利用开关 S 先预选正反转，然后用单个按钮控制起停，这种控制电路非常实用，它能方便地选择正、反转方向，在一定工作期内保持一种方向，可减少操作人员失误，又能方便地去选择一段时期电动机的运行方向。该电路简单实用，有很强的利用价值。

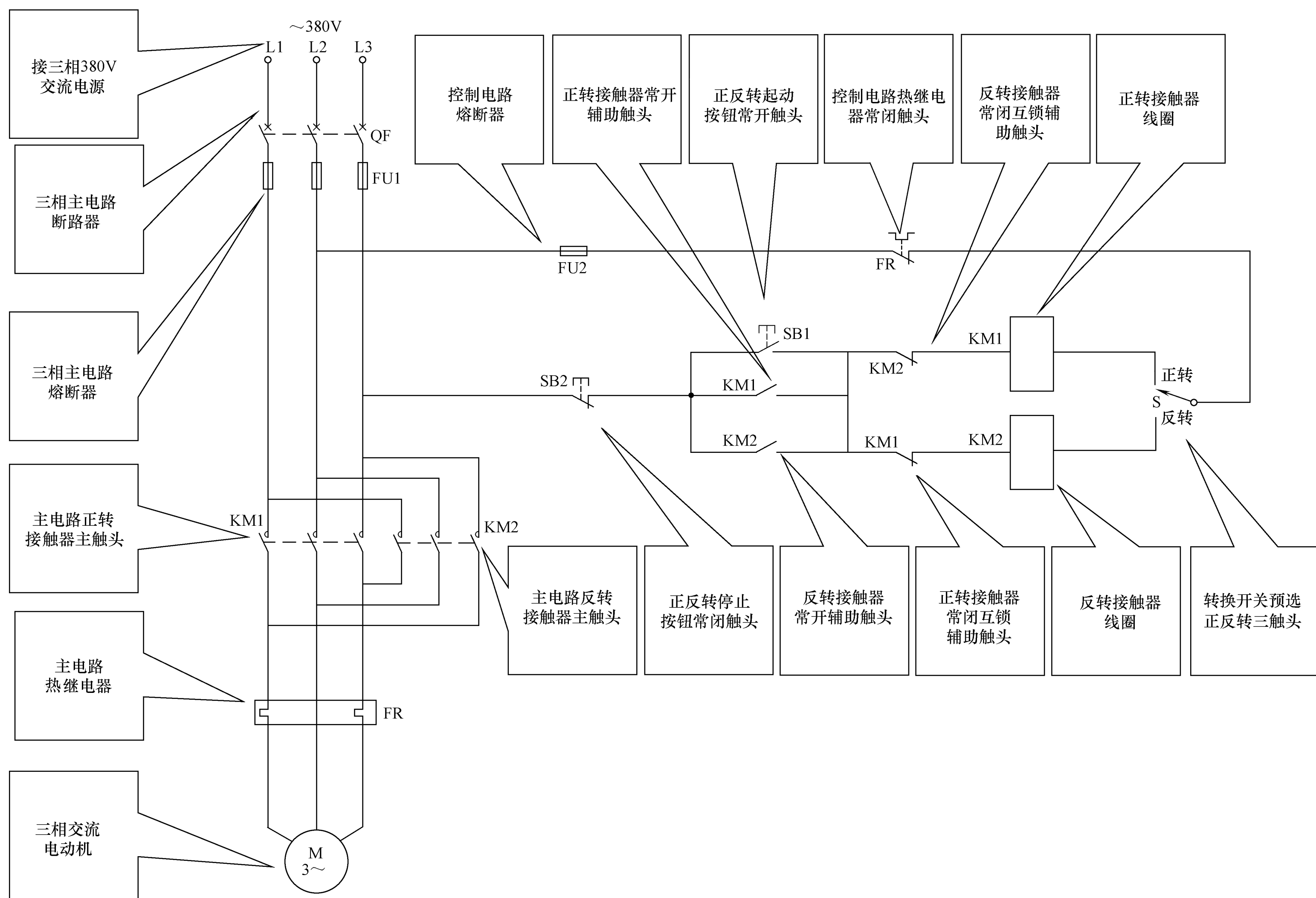


图 1-13　利用转换开关预选的正反转起停控制电路

1.14 低速脉动控制电路

电动机低速脉动控制电路一般用于机床变速、对刀等场合，它的接线方法如图1-14所示。当按下控制按钮SB时，交流接触器线圈得电吸合，电动机运行。当电动机转速上升到速度继电器动作时，KS常闭触头断开，接触器KM释放，电动机断电；当电动机转速下降到转速低于100r/min时，速度继电器复位，KS触头又重新闭合，使KM再次接通，电动机再次起动运行。这样重复上述动作，使电动机在低速脉动中转动，因此这种电路在机床电路中和其他特殊的应用电路中也有广泛的实际应用。

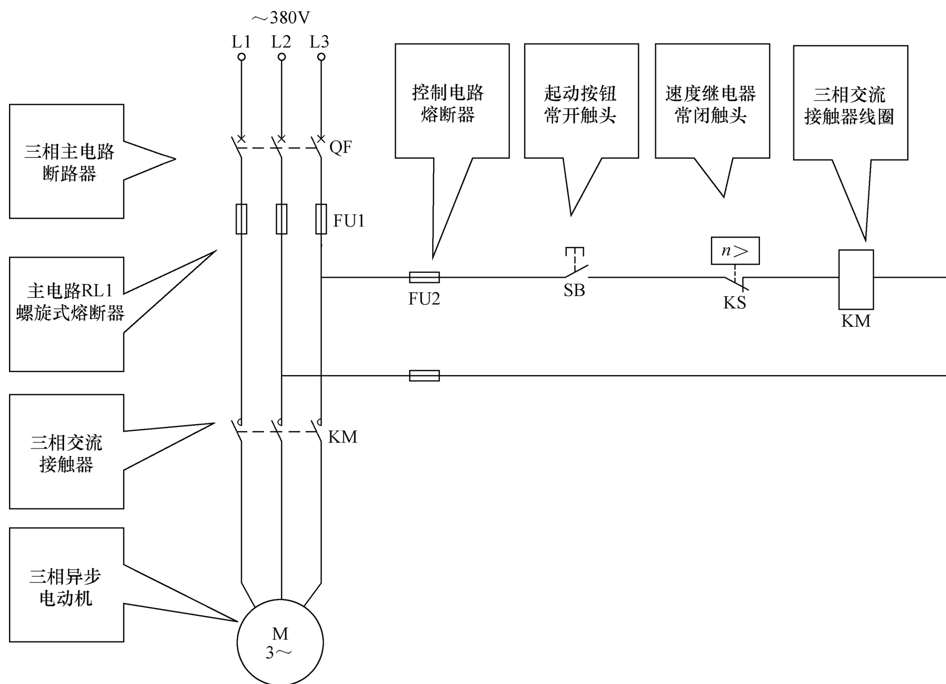


图1-14 低速脉动控制电路

1.15 电动机自动快速再起动电路

在某些情况下，电动机在短暂停电又恢复供电时需要快速自动起动电动机。例如在重要的需连续作业不能停转的场合，当电路断电后，又自动投入了备用电源，这时要求电动机能马上自动再起动。

图1-15所示是电动机自动快速再起动电路。当起动电动机后，交流接触器KM闭合，中间继电器KA和时间继电器KT先后吸合。如果这时发生断电，中间继电器KA释放，时间继电器KT断电，其延时断开触头将延时断开。如果在触头KT未断开期间又恢复供电，KM由延时断开触头KT、常闭触头KA、按钮SB2及FR常闭触头构成回路，使KM再次吸合，电动机立即再起动。

在正常停止时，要使按下停止按钮SB2的时间超过KT的延时时间，这样电动机就会在

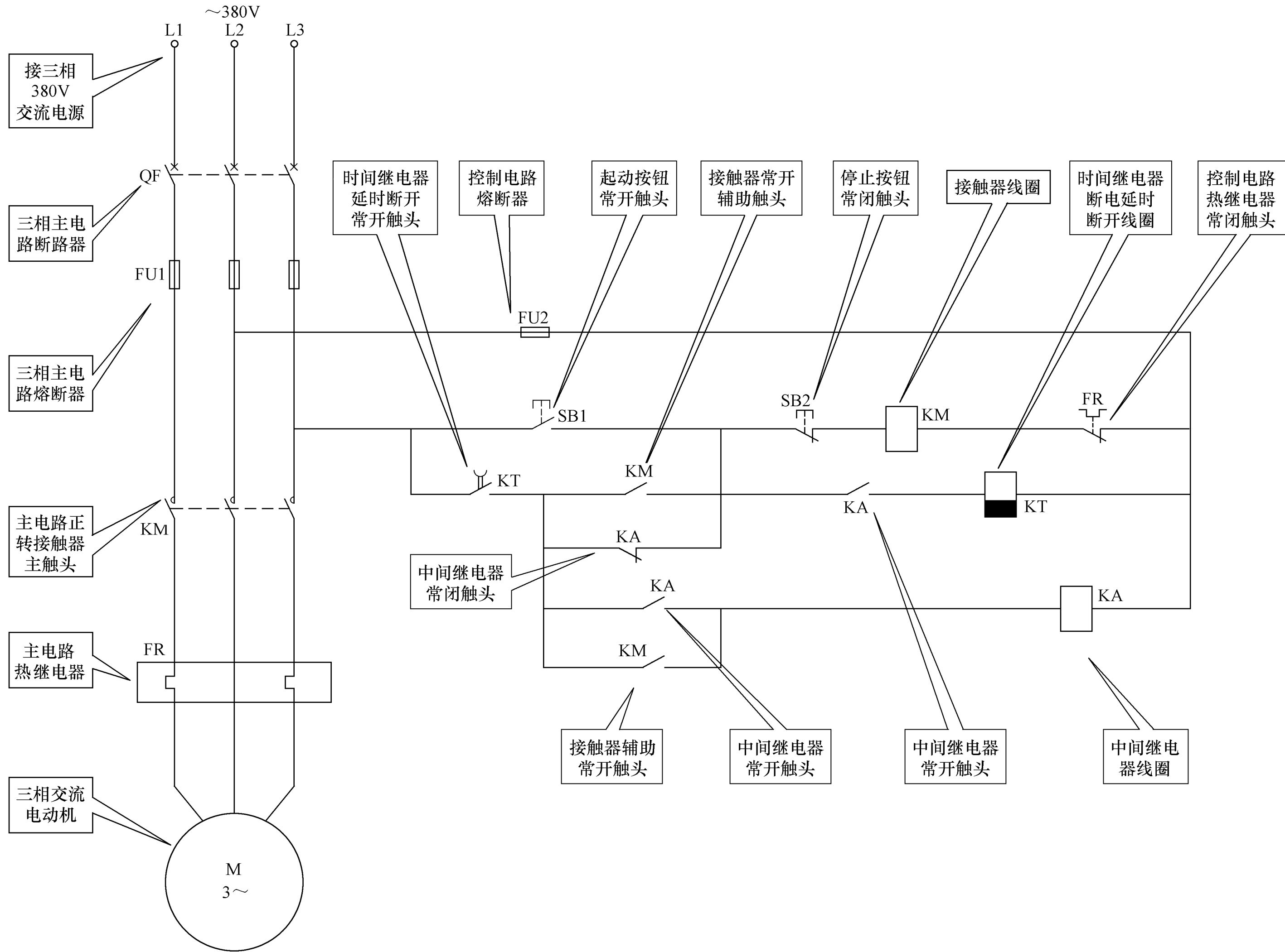


图 1-15　电动机自动快速再起动电路

按钮 SB2 松开时不再起动。

1.16　间歇运行控制电路（一）

图 1-16 所示为一种电动机间歇运行控制电路，可用于机床自动间歇润滑控制等。

当合上电源开关 QF 及控制开关 S 后，电动机并不马上起动，而要延迟一段规定的时间。待时间继电器 KT1 动作后，电源接通接触器 KM，电动机运转。同时接通了 KT2，经一段时间后，KT2 动作，KA 得电吸合，断开 KT1，使 KT1 释放，常开触头断开，KM 断电，电动机停转。此时 KT2 也失电动作，断开 KA 的线圈回路，KA 断电从而又接通了时间继电器 KT1 电源，电动机运行一定时间后，自动停转至规定的时间，然后再起动。这样就周而复始地间歇运行下去。

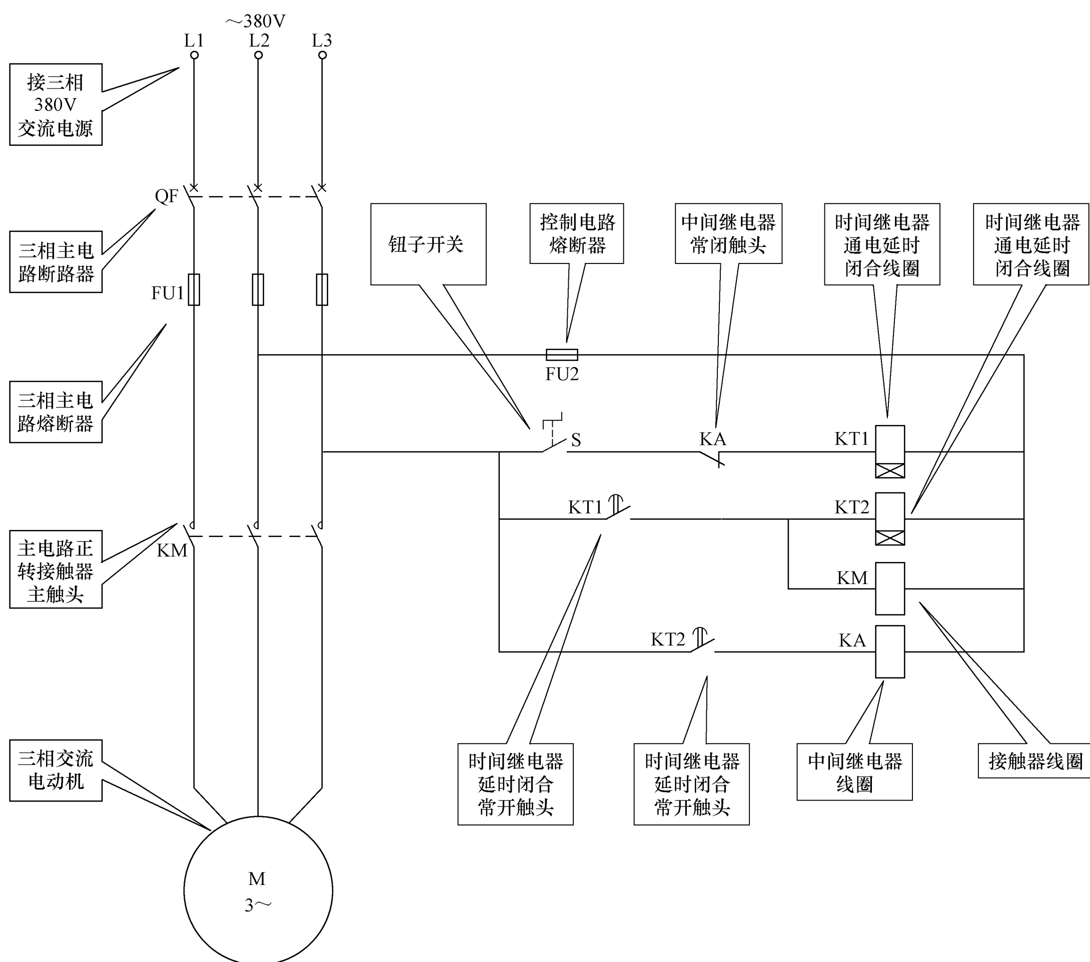


图 1-16　间歇运行控制电路（一）

1.17　间歇运行控制电路（二）

电工人员在工作中，会遇到某些工作场合中的电动机需要间歇运行，即在运行一段时间后，自动停止，然后再自动起动运行，这样反复进行。图 1-17 所示就是一种电动机间歇运行控制电路。当合上开关 S 时，交流接触器 KM 和时间继电器 KT1 得电吸合，电机起动运行。当运行一段时间后，KT1 延时闭合触头闭合，接通继电器 KA 和时间继电器 KT2，KA 常闭触头断开，电动机停止工作。当经过一段时间后 KT2 延时断开触头断开，使 KA 断电释放，KA 的常闭触头闭合，再次接通 KM 线圈电路，电动机重新运行。重复上述动作，可以实现电动机的间歇运行，工作中如遇到这样的控制要求，不妨照此连接。

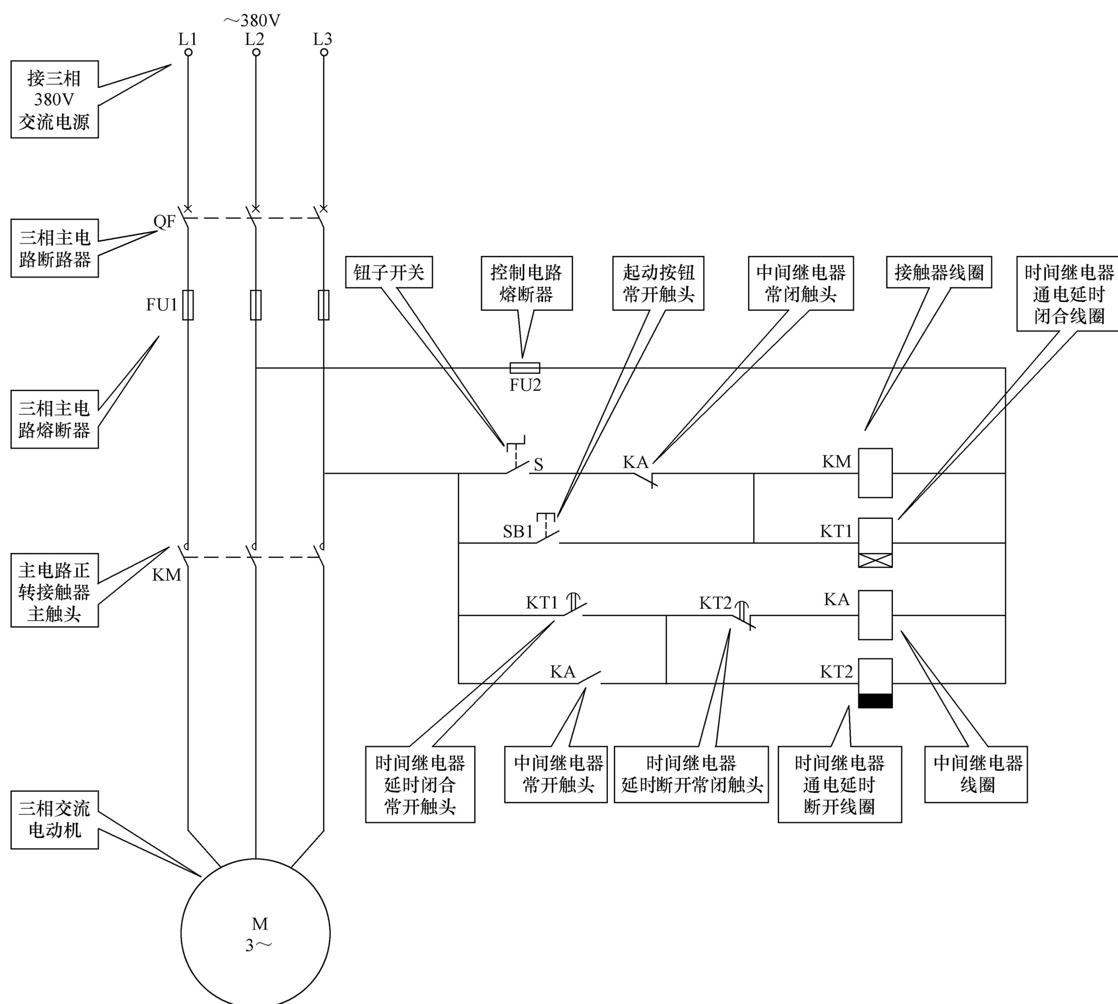


图 1-17　间歇运行控制电路（二）

1.18 防止相间短路的正反转控制电路（一）

如图 1-18 所示，它多加了一个接触器 KM，当正反转换时，正转接触器 KM1 断电后，接触器 KM 也随着断开，KM1 和 KM 两个接触器组成四断点灭弧电路，可有效地熄灭电弧，防止相间短路。

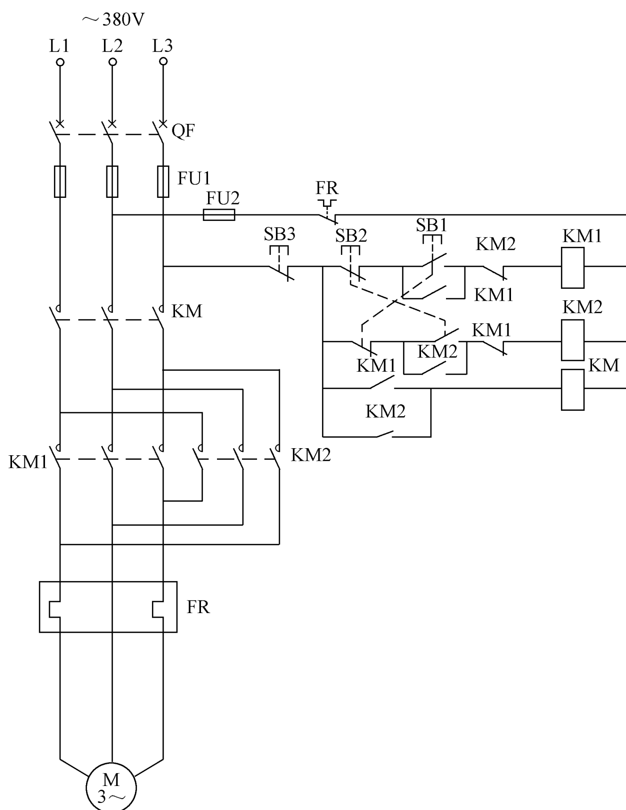


图 1-18 防止相间短路的正反转控制电路（一）

1.19 防止相间短路的正反转控制电路（二）

在电动机正反转换接时，常因电动机容量较大或操作不当等原因，使触头产生较严重的起弧现象。如果尚未完全灭弧时，反转的交流接触器闭合，就会引起相间短路。如果在正反转起动电路中，加一个小型继电器 KA，就可防止相间短路。如图 1-19 所示，它是将电弧联锁继电器 KA 的常闭触头接入正反转接触器线圈供电电路内，如果电弧未熄灭，KA 就吸合，常闭触头断开切断转换电路，从而保证只在电弧熄灭后，才能接通转换电路。

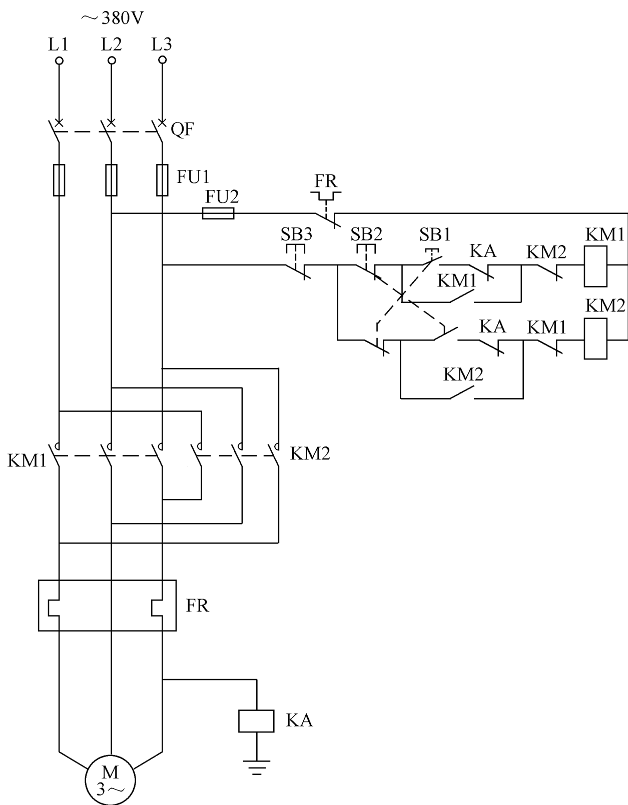


图 1-19　防止相间短路的正反转控制电路（二）

1.20　用电流继电器控制机械扳手电路

电工人员在工作中，有时需要根据电路中工作电流的大小来接通或分断某些电路。例如，龙门刨床的横梁由于工作需要，可在立柱上做上下移动，但在切削加工时则必须夹紧在立柱上。横梁的夹紧可由电动机拖动夹紧机构来实现。当夹紧力达到所要求的数值时，电动机的电流相应地增大到某一值，此时电动机必须停下来，否则电流和夹紧力过大，会使电动机及机件损坏。图 1-20 所示为一个用电流继电器控制机械扳手的电路。按下按钮 SB1，线圈 KM1 通电，电动机正转，这时通过丝杆连动铁板向前推动，使放在工作台上的工件慢慢被夹紧，当夹紧杆上紧后，电动机发生堵转，这时，电动机电流增大，电流继电器 KI 动作，它的常闭触头断开，使线圈 KM1 断电，电动机停转，然后即可对工件操作。当加工完毕后需松开工件时，按下松开按钮 SB2，线圈 KM2 通电，电动机反转，松开工件。



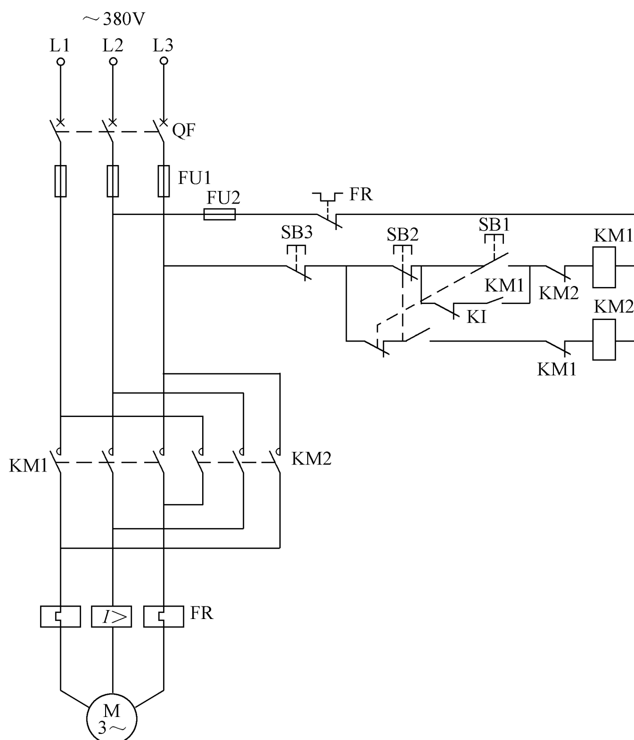


图 1-20　用电流继电器控制机械扳手电路

1.21　多台电动机同时起动控制电路

图 1-21 所示为多台电动机同时起动控制电路。当按下起动按钮 SB1 时，接触器 KM1、KM2 和 KM3 同时吸合并自锁，因此三台电动机可同时起动。按下停止按钮 SB2，KM1、KM2 和 KM3 都断电释放，三台电动机同时停转（主电路未画）。图中 S1、S2 和 S3 是双刀双掷钮子开关，作为选择控制元件。如拨动 S1，使其常开触头闭合，常闭触头断开，这时按下按钮 SB1，只能接通 KM2、KM3。这样，经 S1、S2、S3 的选择，可以按要求来控制一台或多台电动机的起停。

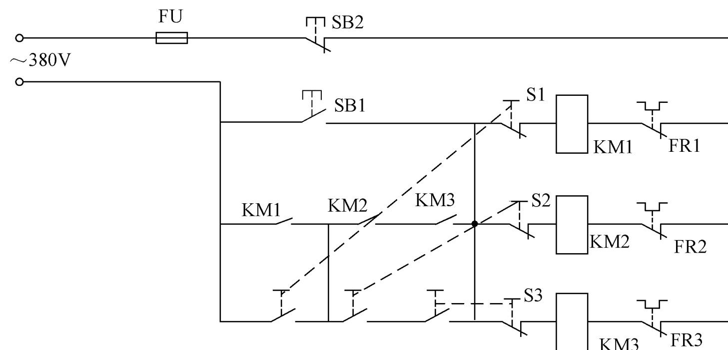


图 1-21　多台电动机同时起动控制电路

1.22　用电弧联锁继电器延长转换时间的正反转控制电路

电路如图1-22所示。按下正转按钮SB1时，正转接触器KM1获电动作，电动机正向转动，KM1常开辅助触头闭合，使电弧联锁继电器KA获电动作，串联在KM1、KM2电路的KA常闭触头断开，同时KM1常开触头闭合自锁；按下反转按钮SB2时，首先断开KM1控制电路，KM1失电释放。当主触头电弧完全熄灭后，电弧联锁继电器KA释放，这时KA常闭触头闭合，KM2获电动作，电动机反向转动。

这种电路能完全防止正反转换过程中的电弧短路，适用于转换时间小于灭弧时间的场合。电弧联锁继电器的线圈额定电压应与控制电压相同。

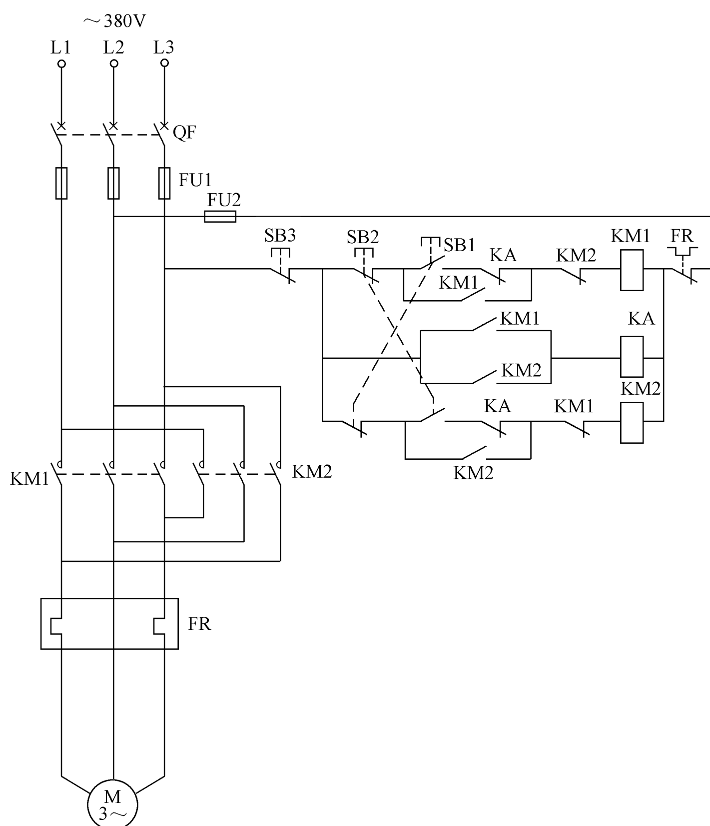


图1-22　用电弧联锁继电器延长转换时间的正反转控制电路

1.23　由三个接触器组成的正反转控制电路

电路如图1-23所示。按下正转按钮SB1时，正转接触器KM1吸合，KM1常开辅助触头闭合自锁，这时因为SB1常闭触头是断开的，所以接触器KM不动作。放松SB1后，接触器KM得电动作，电动机正向运转；反转时，按下反转按钮SB2，首先断开正转接触器KM1，接触器KM随之断开，这时两个接触器组成四断点灭弧电路实现灭弧，随后接通反转



接触器KM2电路，KM2常开辅助触头闭合自锁。松开SB2后，接触器KM获电动作，电动机反向转动。

这种控制电路由于采用了四断点灭弧电路，能有效地熄灭电弧，防止电弧短路。但当接触器容量较大时，电器投资较高。

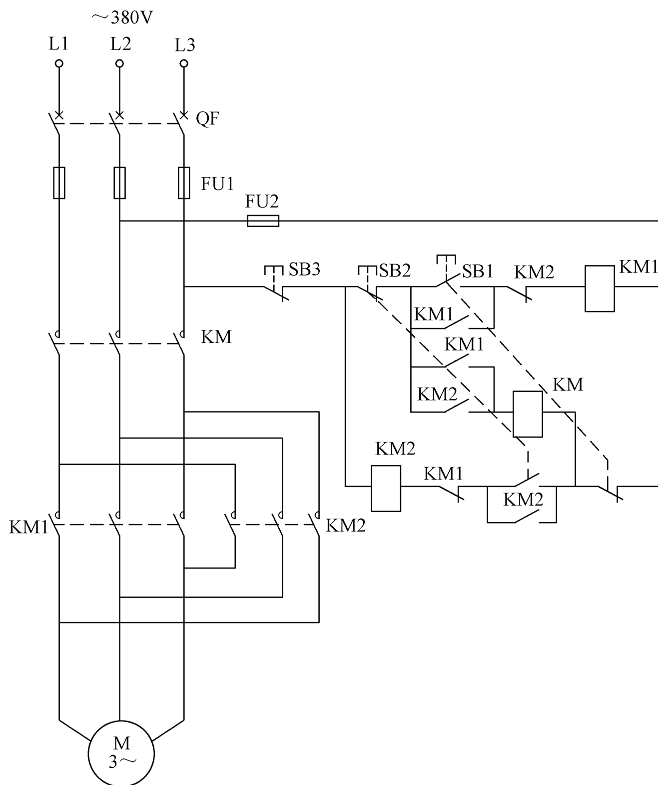


图1-23 由三个接触器组成的正反转控制电路

1.24 自动循环控制电路

在工作中，电工人员常常会遇到一种自动循环控制电路，以满足自动控制和电气自动化的需求。如在有些生产机械中，要求工作台在一定距离内能自动循环移动，以便对工件连续加工。如在造纸工艺设备中，需对一个大浆池上面漂浮物进行往返清理，这就要求在大浆池上面装上闸板，工作时开动开关，自动循环去对上面漂浮物进行往返自动清理，因此，这种自动循环控制电路应用极为广泛。图1-24所示是工作台自动循环控制电路，按此文字说明连接电路，就能安装做成工作台自动循环控制电路。

按下SB1，接触器KM1线圈得电动作，电动机起动正转，通过机械传动装置拖动工作台向左运动；当工作台上的挡铁碰撞行程开关SQ1（固定在床身上）时，其常闭触头断开，接触器KM1线圈断电释放，电动机断电；与此同时SQ1的常开触头闭合，接触器KM2线圈获电动作并自锁，电动机反转，拖动工作台向右运动；这时行程开关复原。当工作台向右运

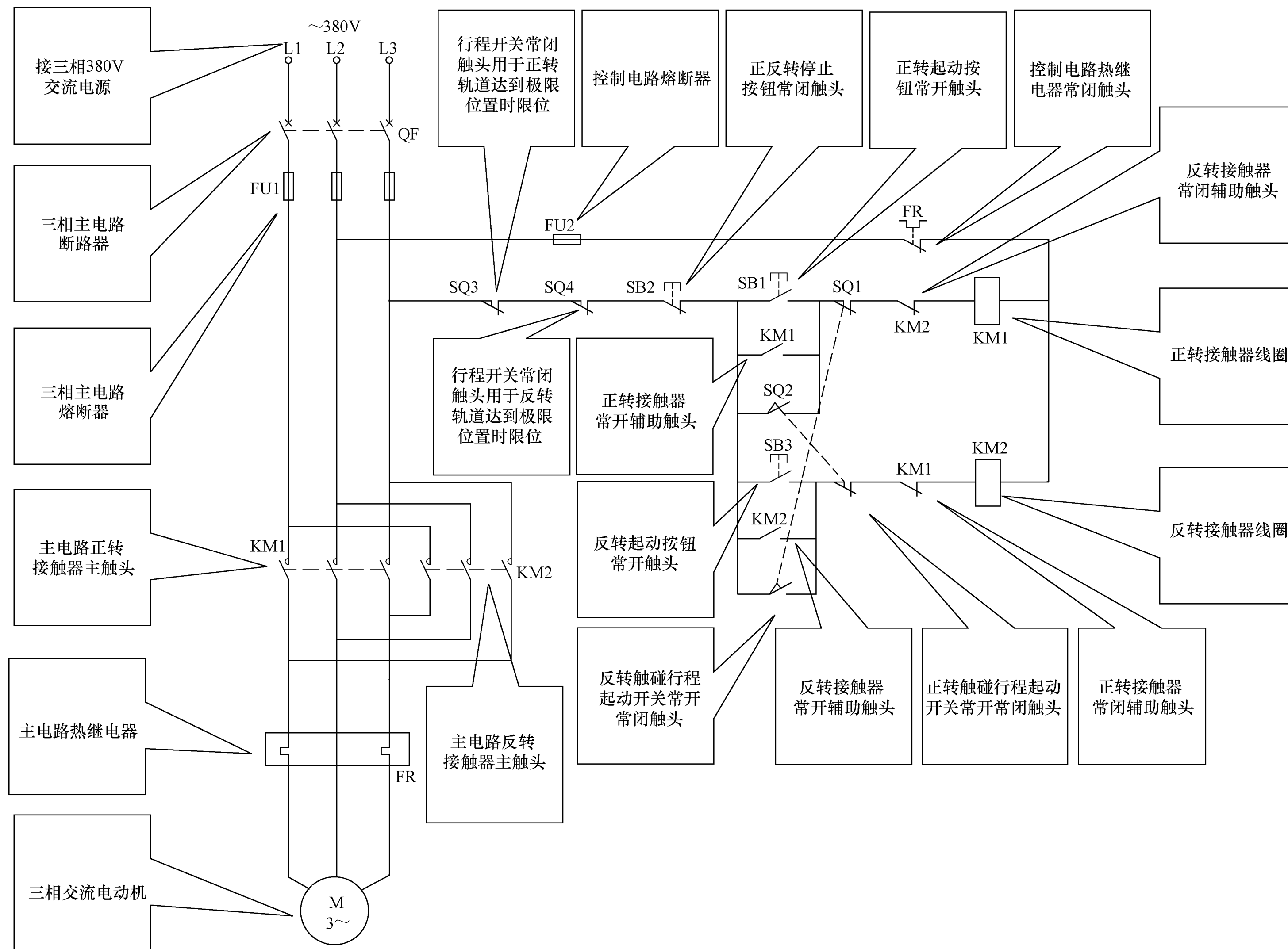


图 1-24　自动循环控制电路

行至一定位置时，挡铁碰撞行程开关 SQ2，使其常闭触头断开，接触器 KM2 线圈断电释放，电动机断电，同时 SQ2 的常开触头闭合，接通 KM1 线圈电路，电动机又开始正转。这样往复循环直到工作完毕。按下停止按钮 SB2，电动机停转，工作台停止运动。

另外，还有两个行程开关 SQ3、SQ4 安装在工作台循环运动的方向上，它们处于工作台正常的循环行程之外，起终端保护作用，以防 SQ1、SQ2 失效，造成事故。

1.25 可逆点动与起动混合控制电路

可逆点动与起动混合控制电路如图 1-25 所示，它具有可逆点动与可逆运转功能，并设有接触器、按钮双重联锁机构，使用时操作方便。当按下点动按钮 SB2 时，KM1 线圈得电，电动机正转，同时按钮又断开了 KM1 的自锁触头，当松开按钮 SB2 时，接触器 KM1 失电断开，电动机停转。如需长期使电动机运行，可按下按钮 SB1。此时接触器 KM1 得电吸合，KM1 自锁触头自锁，松开按钮 SB1 后电动机继续运转。在按下按钮 SB1 时，按钮 SB1 的另一组常闭触头断开，这时即使按下反转按钮 SB3，KM2 也不会得电吸合，从而组成按钮联锁机构。另外，KM1 的一组常闭触头串联于 KM2 线圈回路中，接触器 KM2 的一组常闭触头又串联于 KM1 线圈回路中，从而组成接触器联锁机构。

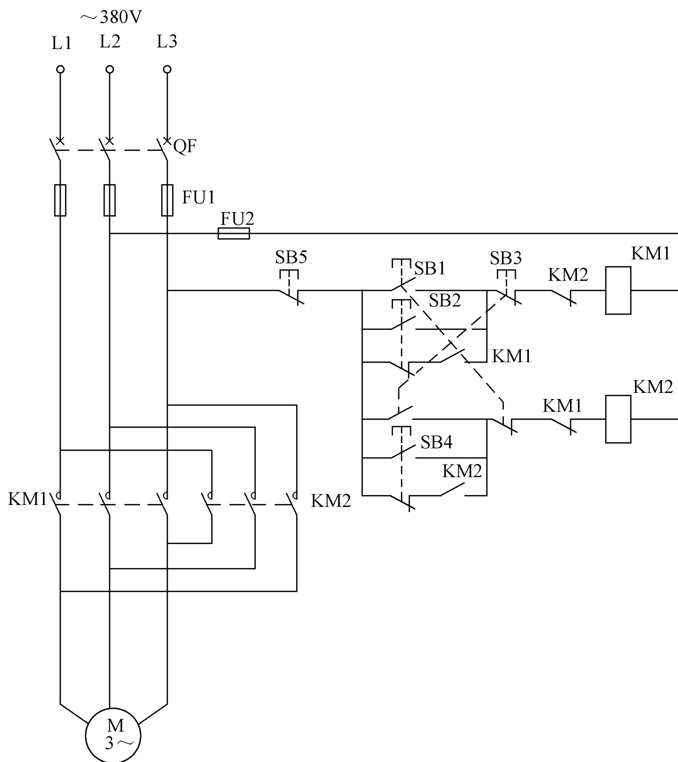


图 1-25 可逆点动与起动混合控制电路

1.26　既能点动又能长期工作的控制电路

在实际生产工作中，有时需要人来点动操作电动机，有时也需要长期使电动机运行。图1-26所示是既有点动按钮，又有正常长期运行按钮的控制电路。点动时，按下SB2，接触器KM线圈得电，KM主触头闭合，电动机运行；放开按钮时，由于在点动接通接触器的同时，又断开了接触器的自锁常开触头，所以在SB2松开后电动机停转。那么当按长期工作按钮SB1时，KM得电吸合，而KM自锁触头便自锁，故可以长期吸合运行。应用这种电路有时会因接触器出现故障使其释放时间大于点动按钮的恢复时间，造成点动控制失效。SB3是电动机停止按钮，FR为热继电器。

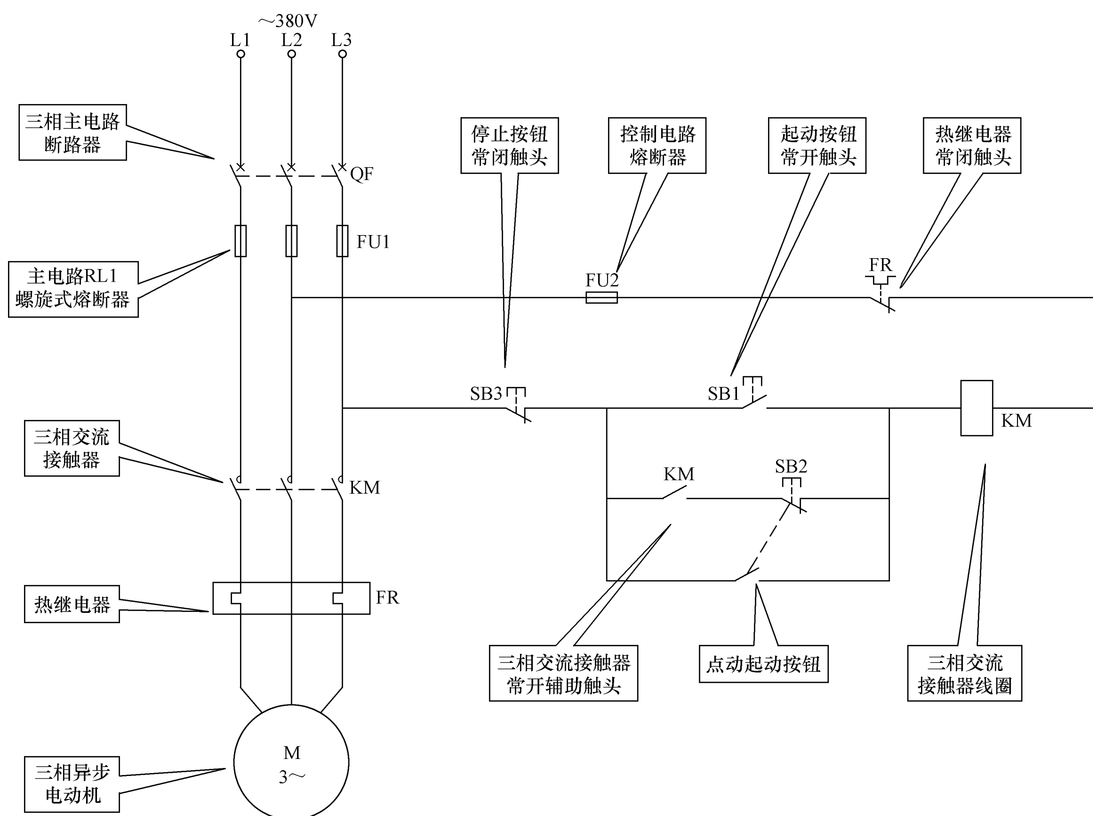


图1-26　既能点动又能长期工作的控制电路

1.27　安全电压控制电动机起停电路

电工人员在工作中，如遇操作电气设备的潮湿环境或工作在有较大的金属粉尘场所，都应采用安全电压控制电动机起停电路。此电路在特殊有不安全因素场合应用十分广泛，主要用于操作环境条件极差、潮湿、易发生漏电的工作场所，以保证人员在接触按钮时，即使按钮漏电也不会造成触电危险。它采用一台行灯变压器为控制电路供电，交流接触器线圈的吸

合电压也为36V。其工作原理也与常规的电动机起停电路完全一样，如图1-27所示，电工人员在工作中，如遇类似场合，可更换接触器和加一个具有双线圈的变压器（高低压隔离的控制变压器）来控制工作中的电路，这对工作安全十分重要。

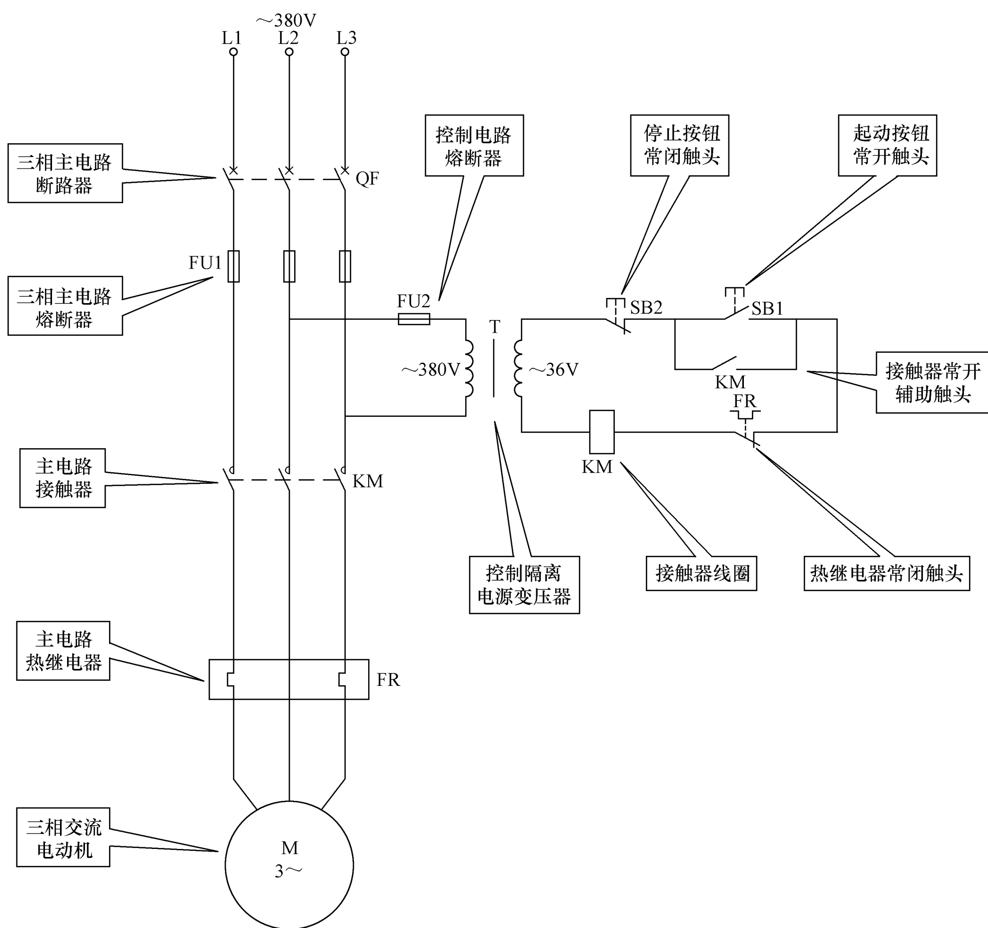


图1-27　安全电压控制电动机起停电路

1.28　单按钮控制电动机起停电路

常规电动机起动与停止需用两个按钮，在多点控制时，则需要的按钮引线较多。利用一个按钮多点远程控制电动机的起停，则可简化控制电路。

如图1-28所示电路的工作原理是：起动时，按下按钮SB，继电器K1线圈得电吸合，K1常开触头闭合，交流接触器KM线圈通电，KM吸合并自锁，电动机起动。KM的常开辅助触头闭合，常闭辅助触头断开，这时，继电器K2的线圈因K1的常闭触头已断开而不能通电，所以K2不能吸合。松开按钮SB，因KM已自锁，所以交流接触器KM仍吸合，电动

机继续运转。但这时 K1 因 SB 放松而断电释放，其常闭触头复位，为接通 K2 做好准备。

第二次按下按钮 SB，这时继电器 K1 线圈通路因 KM 常闭触头断开而切断，所以 K1 不会吸合，而 K2 线圈通电吸合。K2 吸合后，其常闭触头断开，切断 KM 线圈电源，KM 断电释放，电动机停转。

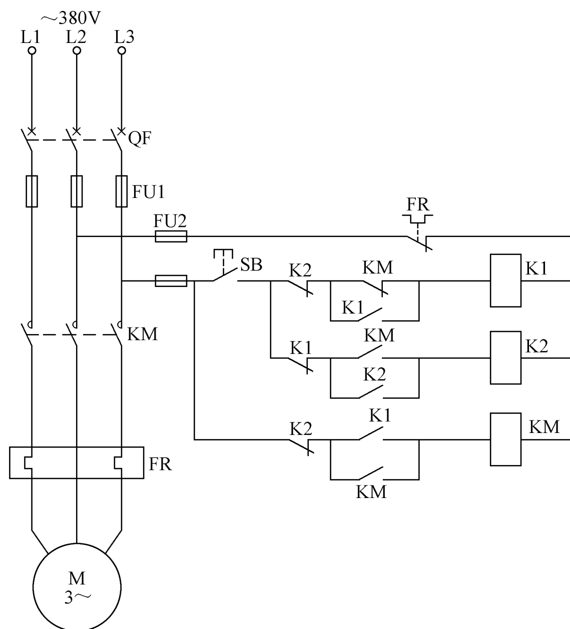


图 1-28　单按钮控制电动机起停电路

1.29　电动机多点控制电路

在工作中，电工人员还常常遇到可在两三个地方同时都能对一个电气设备进行操作控制，这样大大满足了操作人员的需要（但对特别危险的操作机械设备除外，因危险设备人不在场看着操作，万一有人对设备检修，就会造成重大事故，这种情况下，只能在看得见的地方进行唯一的一地操作）。

在工作中，在不影响安全的操作情况下，为了方便操作或由于生产实际需要，要求在两个或两个以上地点都能对电动机进行控制，常称多点控制。那么只要按图 1-29 所示电路连接，即可在两个或多个地方操作。常开按钮并联在电路中。图中 SB4、SB1 为甲地控制按钮，SB5、SB2 为乙地控制按钮，SB6、SB3 为丙地控制按钮。按图 1-29 所示连接就可实现在三个地点控制电动机。

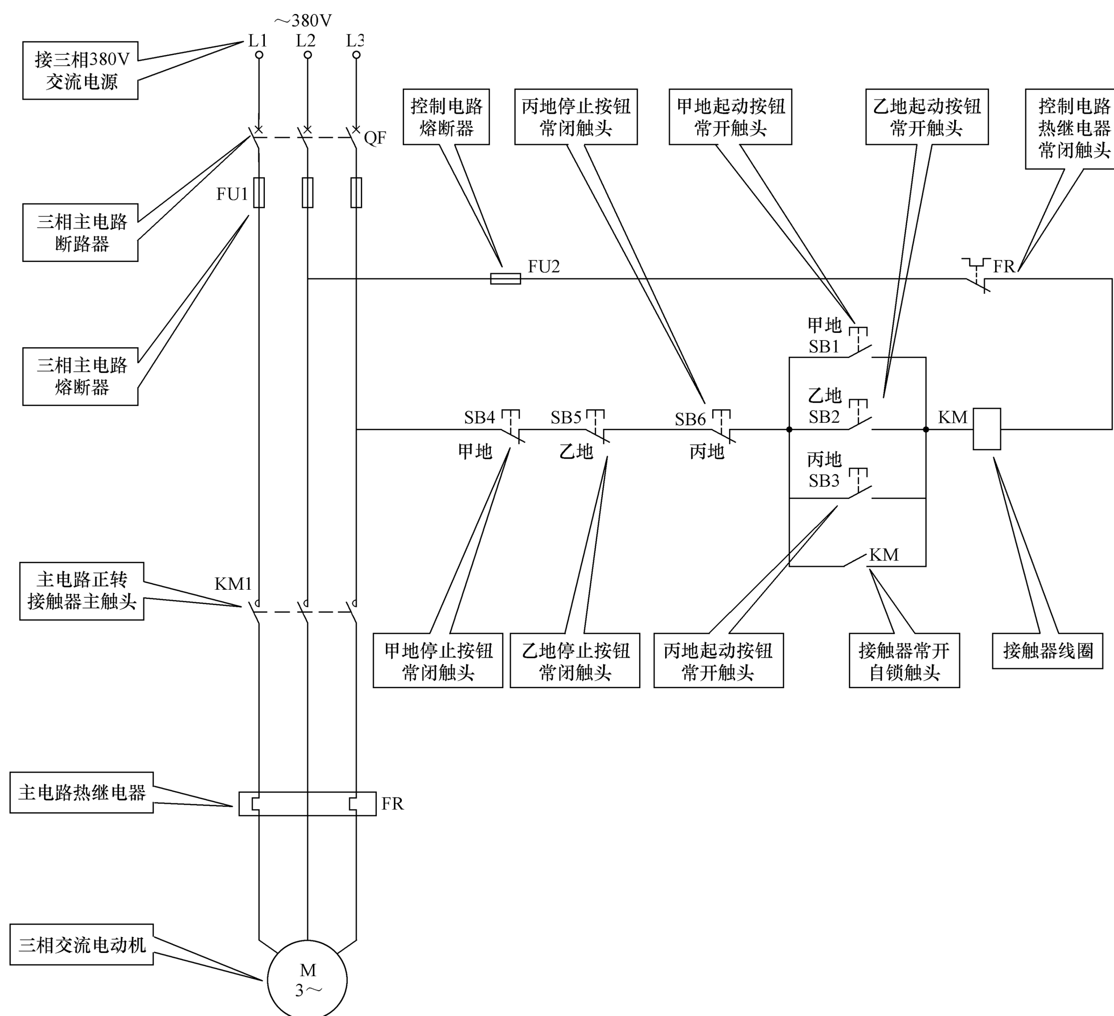


图 1-29 电动机多点控制电路

1.30 单线远程正反转控制电路

在某些情况下，需要在离电动机较远的场所控制电动机的起停或正反转运行。按图1-30 所示架设一根导线，就可完成电动机起停和正反转的控制过程。

工作原理如图 1-30 所示，用户在甲地拨动多挡开关 S，当拨到位置“1”时，乙地的电动机停机；当拨到位置“2”时，乙地的电动机因交流电 36V 通过 VD1，再经过地线、大地使 VD3 导通，继电器 K1 吸合，接触器 KM1 动作，电动机开始正转运行；当拨到位置“3”时，此时二极管 VD2、VD4 导通，继电器 KA2 吸合，这时 KM2 得电吸合，电动机反转运行。

此电路线路简单，并可在需要远距离控制电动机时节约大量导线。继电器 KA1、KA2 可选用 JRX－13F 型，根据线路长短，降压多少，可选用继电器线圈电压为 12V 或 24V。

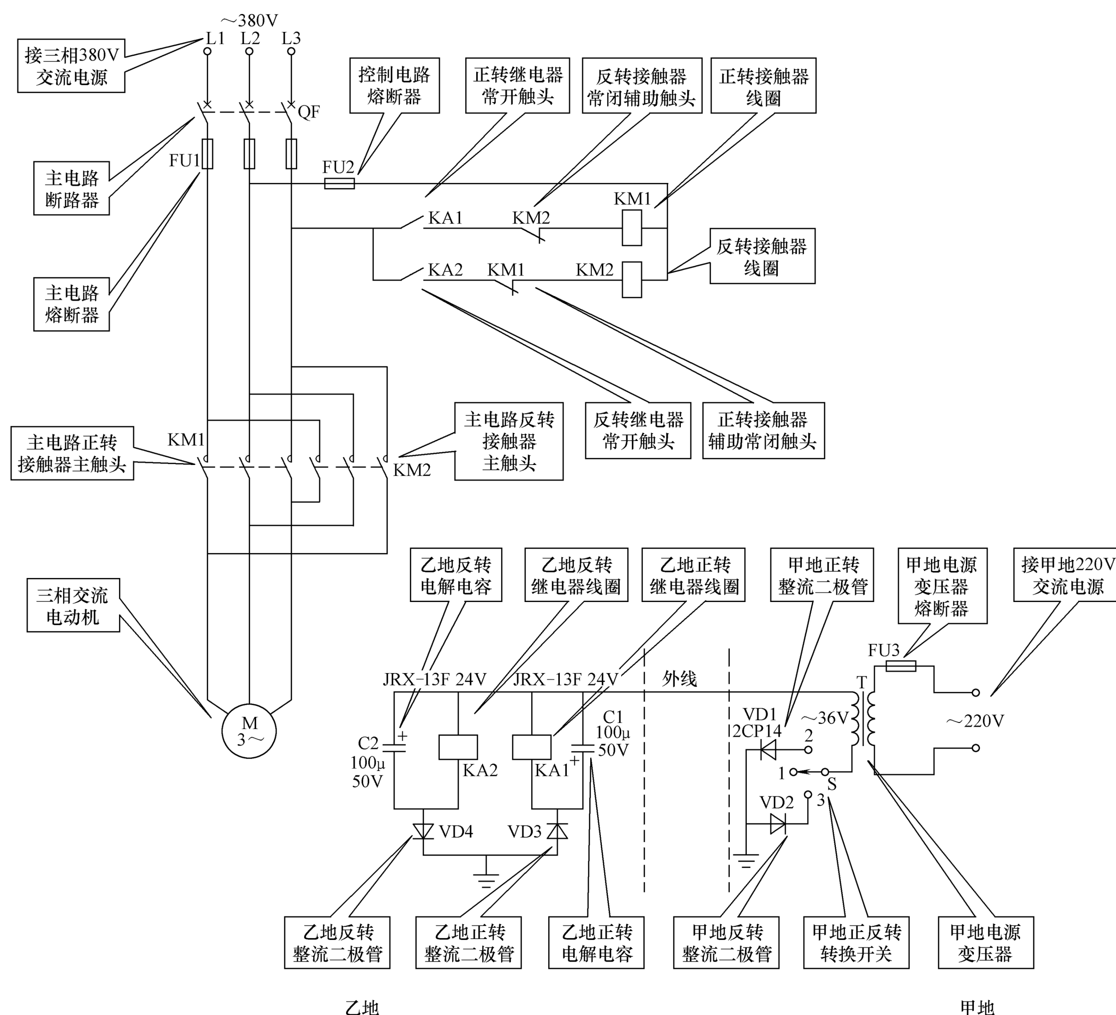


图 1-30　单线远程正反转控制电路

1.31　单线远程起停控制电路

电工人员在工作中，一般用两个按钮控制一台电动机的起动和停止，需要三根导线来连接按钮。如果用一根导线能够实现远程控制电动机的起动和停止，可节约大量导线。

图 1-31 所示是一种单线远程控制电动机起停电路。本地控制按钮按一般常规控制电路连接，只是在本地停止按钮前串联两只灯泡。当起动电动机时，按下远程控制按钮 SB3，远地的 L3 相电源给交流接触器 KM 线圈供电，KM 吸合，电动机起动运转，放松按钮 SB3，本地 L3 相电源通过两只灯泡继续给交流接触器 KM 供电。远地停车时，按下按钮 SB4，KM 线圈两端都为 L2 相电源，同相时，KM 释放，电动机停止运行。

在正常运行时 KM 线圈与两只为 220V 的灯泡串联，灯泡功率可根据接触器的规格型号来确定。经过实验，CDC10－40 型交流接触器用功率分别为 60W 的两只灯泡串联，即能使 40A 的交流接触器可靠吸合。如果是大于 40A 的交流接触器应适当增大灯泡功率。在正常

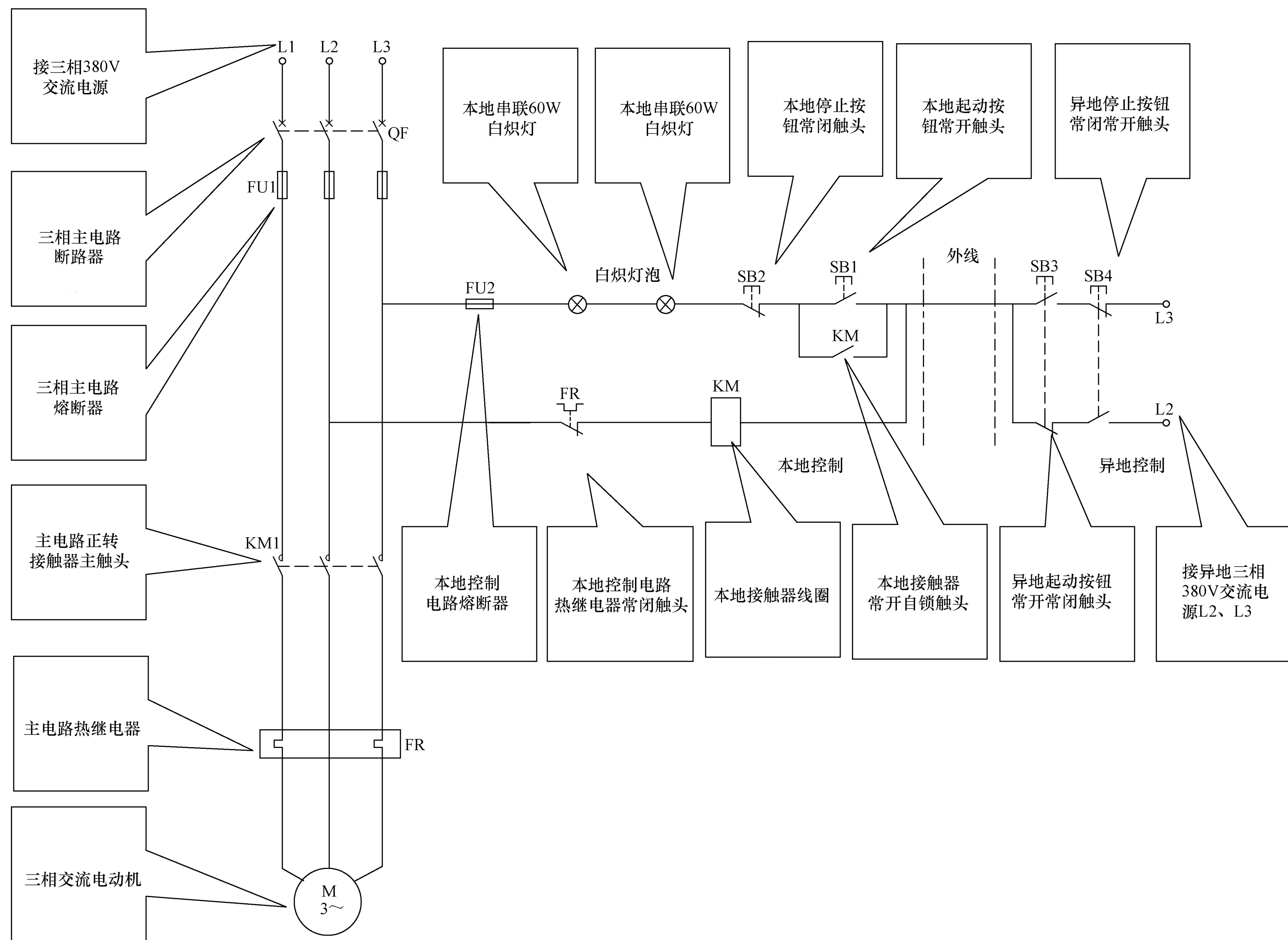


图 1-31　单线远程起停控制电路

工作时两只灯泡不亮，在远地按下停车按钮 SB4 时，灯泡会瞬间亮一下，这也可作为停车指示灯。

此电路应接在同一个三相四线制的电力系统中。安装时要注意电源相序。

1.32 电动葫芦的电气控制电路

电动葫芦是用来提升或下降重物，并能在水平方向移动的起重运输机械。它具有起重量小、结构简单、操作方便等优点。一般电动葫芦只有一个恒定的运行速度，广泛应用于工矿企业中进行小型设备的安装、吊运和维修。电动葫芦的电气控制电路如图 1-32 所示。

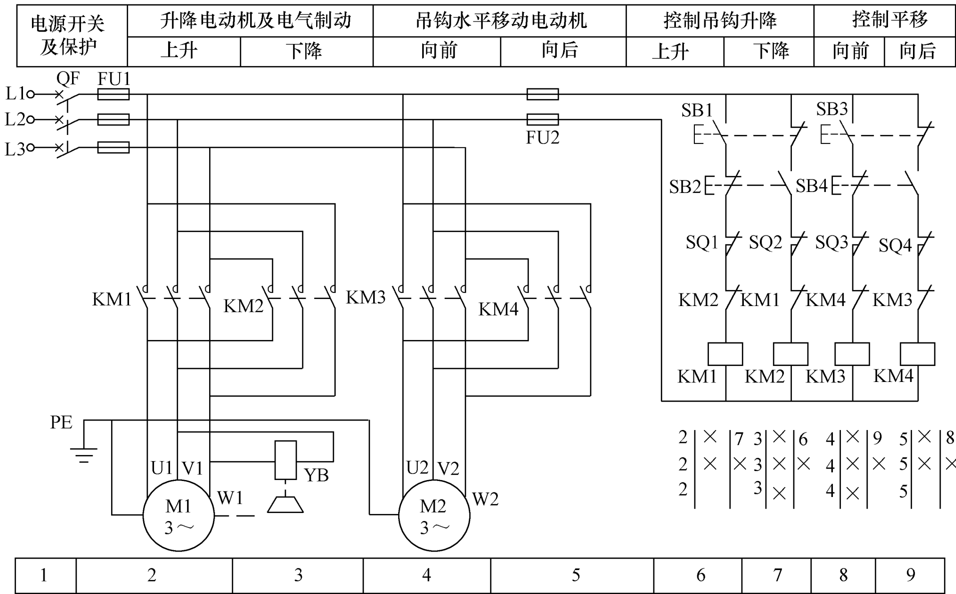


图 1-32 电动葫芦的电气控制电路

电动机 M1 为吊钩升降电动机，用来提升货物，由接触器 KM1、KM2 进行正反转控制，以实现吊钩升降。YB 为吊钩电动机 M1 的电磁制动器，它的线圈两端与电动机 M1 的两相电源线并联在一起，当 M1 得电时，YB 也得电并松闸，让电动机 M1 转动；M1 失电时，YB 也失电，靠弹簧力将 M1 制动。

SB1、SB2 为吊钩电动机 M1 的正反向复合起动按钮，正向接触器 KM1、KM2 线圈电路间采用复合按钮和接触器双重联锁。由于无自锁触头，因此松开按钮 SB1 或 SB2，KM1 或 KM2 就失电释放，电动机 M1 就停止转动。SQ1、SQ2 为上下限位行程开关。

M2 为移动机构电动机，用来水平移动货物，由接触器 KM3、KM4 进行正反转控制，采用复合按钮和接触器双重联锁，实现电动机 M2 的水平移动，M2 停止时不需要电磁制动。控制电路中设有限位开关 SQ3、SQ4 进行限位保护，防止电动葫芦移位时超出允许行程。

1.33 两台电动机联锁控制电路（一）

控制原理如图 1-33 所示。按下电动机 M1 的起动按钮 SB1，使接触器 KM1 线圈通电，

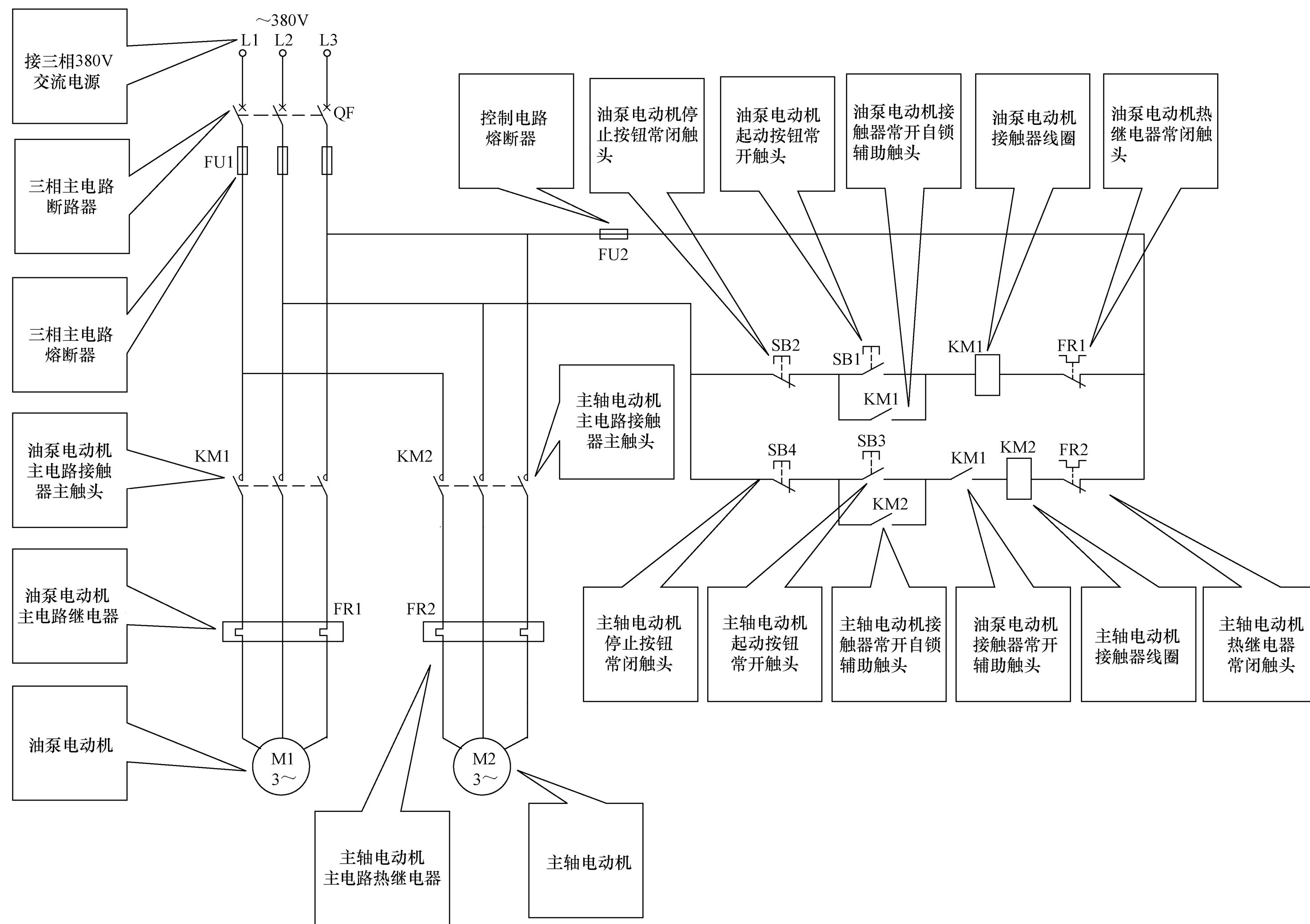


图 1-33　两台电动机联锁控制电路（一）

这时 KM1 主触头闭合，M1 起动。同时接触器 KM1 的常开联锁触头也闭合。串接在电动机 M2 控制电路中的 KM1 接触器常开联锁触头闭合后，为电动机 M2 做好了起动准备。如误动作先按下 SB3，因接触器 KM1 常开联锁触头开路，接触器 KM2 不通电，电动机 M2 不能起动，这是为电工在特殊工作场合操作要求所设计的特殊电路。如 M1 为油泵电动机，M2 为主轴电动机，工作中要求必须先起动油泵电动机进行润滑，才能再起动主轴电动机，如遇此类控制要求按图 1-33 连接即可。

1.34　两台电动机联锁控制电路（二）

工作中也常遇到在装有多台电动机的生产机械上，因各电动机所起的作用不同，有时必须按一定的顺序起动，方能保证工作安全。例如，在车床的主轴工作之前，必须先起动油泵电动机，使润滑系统有足够的润滑油以后，才能起动主轴电动机。

图 1-34 中 M1 为油泵电动机，M2 为主轴电动机。当按下起动按钮 SB1 时，线圈 KM1 通电，KM1 主触头及自锁触头闭合，电动机 M1 起动。当 M1 起动后，M2 才有可能起动。

如果在 M1 起动以前，误按下按钮 SB3，M2 也不能起动。

1.35　双速电动机用三个接触器的变速控制电路

如图 1-35 所示，按下低速按钮 SB1，低速接触器 KM1 获电动作，其常开辅助触头闭合自锁，电动机定子绕组接成三角形低速运转。变速时，按下高速按钮 SB2，SB2 常闭触头断开使 KM1 失电释放，同时 SB2 常开触头闭合，高速接触器 KM2 获电动作，其常开辅助触头闭合后，KM3 才获电动作，以避免 KM3 闭合时电流很大，使 KM3 触头烧坏。

1.36　双速电动机自动加速控制电路

双速电动机自动加速控制电路工作原理如图 1-36 所示。当速度选择开关 S 放在“0”位置时，电动机不加电，处于停止状态；当将 S 旋到“Ⅰ”位置时，接触器 KM 动作，电动机按△联结与电源连接，三相电源由 D1、D2、D3 三个接点接入。当开关旋到“Ⅱ”位置时，电动机则先低速转动，经过时间继电器 KT 延时后自动切换到高速。这时接触器 KM1、KM2 动作，三相电源从 D4、D5、D6 接入，为丫联结，转速增加一倍。

1.37　双速电动机控制电路

某些生产机械常采用双速电动机来工作，以扩大调速范围，例如车床等。

图 1-37 所示是双速电动机定子绕组的接线方法和双速电动机的控制电路。工作原理如下：按下低速起动按钮 SB1，低速接触器 KM 线圈通电，电动机低速运转。此时电动机的绕组作△联结，如图 1-37b 所示。如需换为高速运转，可按下高速起动按钮 SB2，于是 KM 线圈断电，高速接触器 KM1 和 KM2 线圈接通，电动机高速运转。此时电动机绕组为丫联结，如图 1-37c 所示。

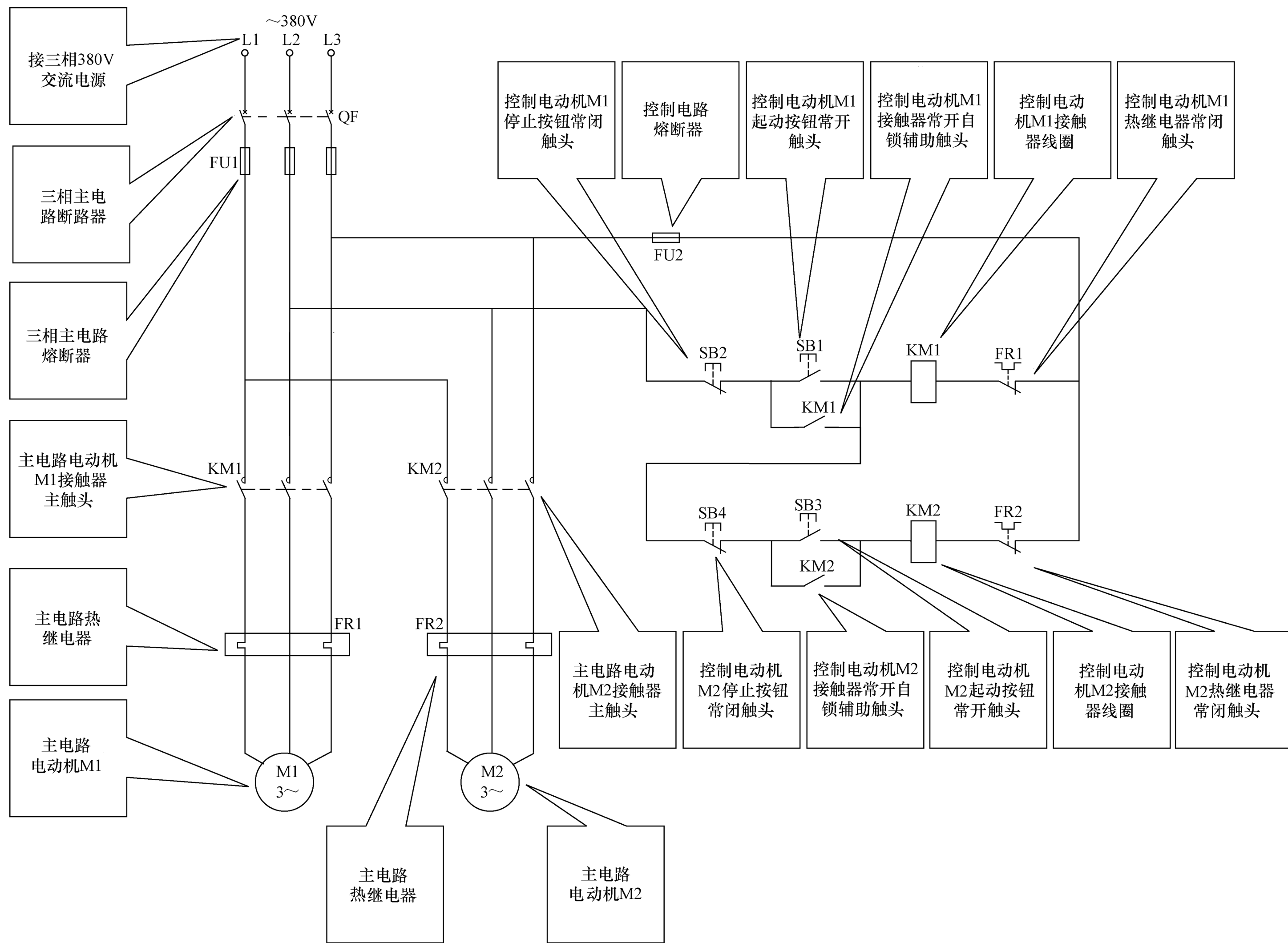


图 1-34　两台电动机联锁控制电路（二）

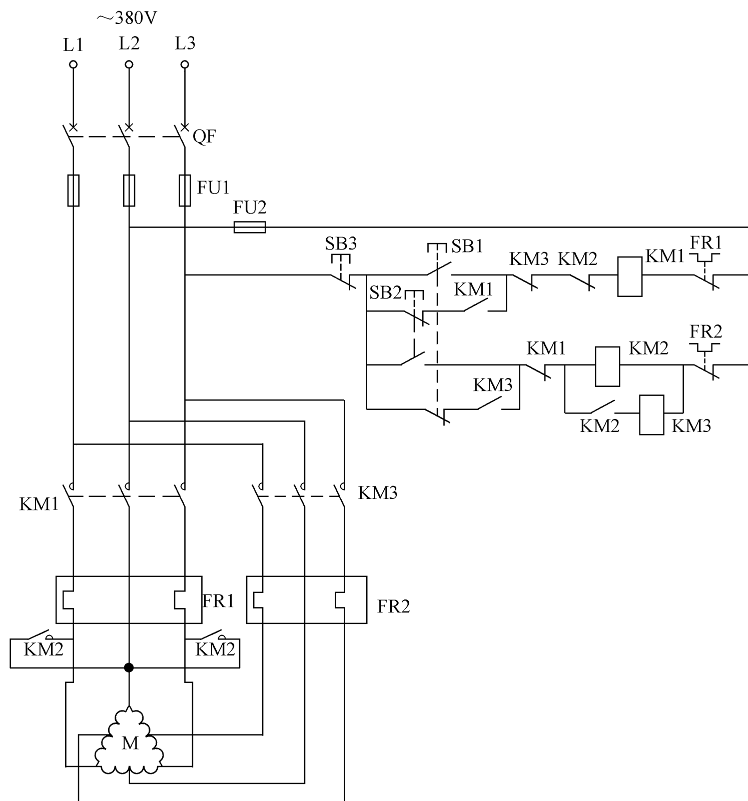


图 1-35　双速电动机用三个接触器的变速控制电路

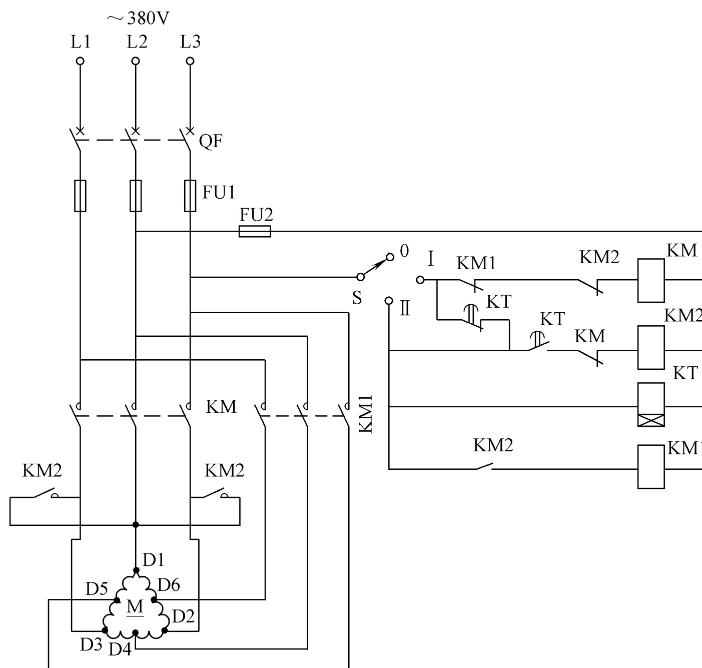


图 1-36　双速电动机自动加速控制电路



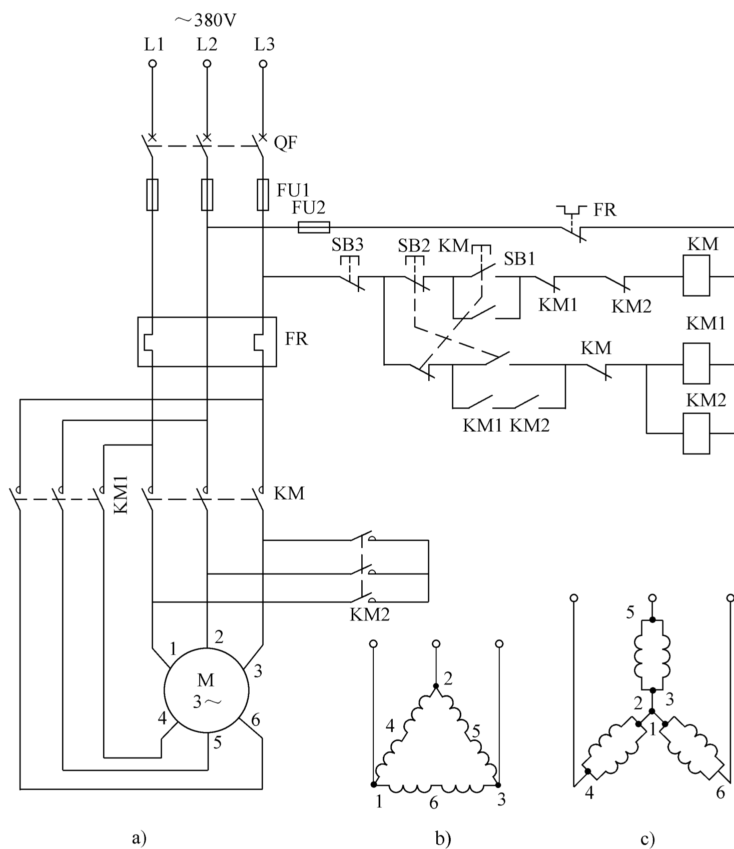


图 1-37 双速电动机的控制电路

1.38 工矿常用行车电器操作控制电路

电工人员在工作中最容易接触到的一种电气设备，就是车间起吊重物的重要设备之一行车了。它应用十分广泛，由于工作生产中都离不开行车电器操作控制电路，而这些配电线路虽然不太复杂，但操作控制箱和电缆线往往都设放在高处，故维修起来十分困难，这就要求电工从业人员能迅速提高操作技术水平，掌握更完整更细致的线路连接走向，更加熟悉电工行车配电线路及连接规律，才能在维修这些电气设备中运用自如，并能快速诊断故障点，在较短时间内上到行车上方去解决电气故障点，以保证生产和工作的需求。在一些工厂里，行车是很重要的起吊重物的工具之一。图 1-38 画出了一般行车用八挡按钮操作控制电路。其中总开、总停为一般交流接触器连接方法，图中上、下、左、右、前、后控制电路为点动，对应的交流接触器为 KM4、KM3、KM6、KM5、KM8、KM7，并且电路中附加有限位开关以及换向互锁电路。

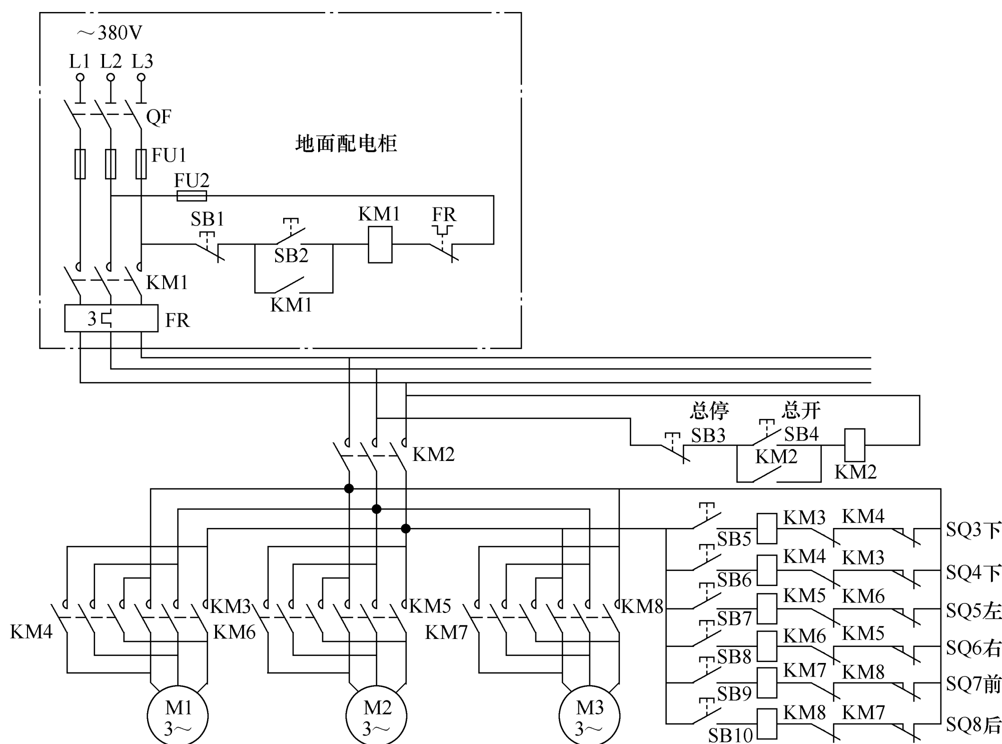


图 1-38　工矿常用行车电器操作控制电路

1.39　电瓶铲车电气控制电路

电瓶铲车是车站、码头、仓库及一般工厂中常用的一种堆垛和搬运工具。

图 1-39 为电瓶铲车电气控制电路。GB 为蓄电池串联组成的 30V 直流电源。电动机 M1

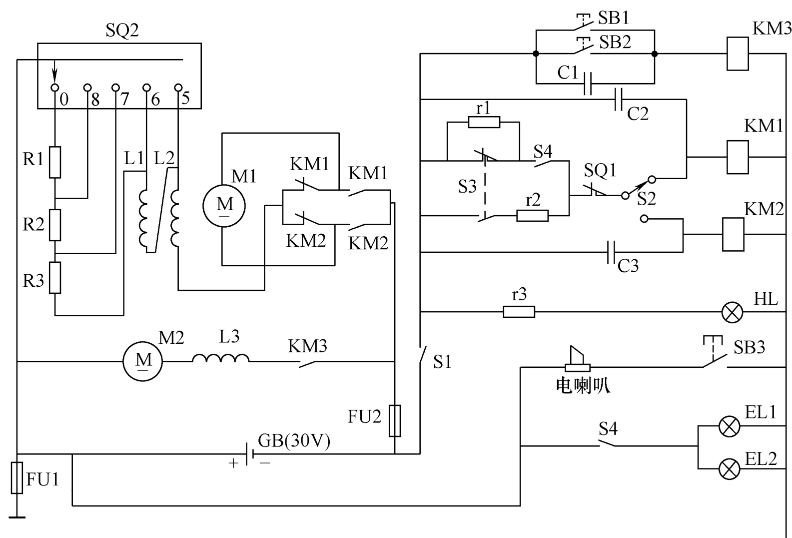


图 1-39　电瓶铲车电气控制电路



为行驶电动机，是双速串励电动机，通过一套齿轮传动机构，驱动铲车前进或后退。电动机 M2 也是串励电动机，用于拖动高压油泵，将高压油液输送到液压系统，以操纵货叉的升降。S1 为电锁开关，S2 为方向开关，SQ1 为脚踏开关，SQ2 为速度控制器踏板。

铲车的起动和调速时将电锁开关 S1 闭合，此时电源指示灯 HL 亮，表示电源已接入电路，做好供电准备。将方向开关 S2 的手柄扳到需要的方向，即铲车前进或后退的位置。松开手刹车的手柄，并放开脚刹车，使脚踏开关 SQ1 复位而闭合，然后轻踏速度控制器 SQ2 的踏板，使其动触头与静触头“0”相接触，并将控制开关 S3 闭合。

第2章 电动机常用减压起动电路

2.1 QJ3 系列手动自耦减压起动器

自耦减压起动是笼型异步电动机的起动方法之一。它具有结构紧凑，不受电动机绕组接线方式限制的优点，还可按容许的起动电流和所需的起动转矩选用不同的变压器电压抽头，故适用于容量较大的电动机，因此在早期得到了广泛的应用。

QJ3 系列手动自耦减压起动器适用于电压 380V，功率在 75kW 以下的三相Y/△系列三相异步电动机作不频繁的减压起动开关。

起动电动机时，将刀柄推向起动位置，此时三相交流电源通过自耦变压器与电动机相连接。待起动完毕后，把刀柄打向运行位置，切除自耦变压器，使电动机直接接到三相电源上，电动机正常运转。此时吸合线圈 KV 得电吸合，通过联锁机构保持刀柄在运行位置。停转时，可按下按钮 SB 即可。

自耦变压器二次侧设有多个抽头，可输出不同的电压。一般自耦变压器二次电压是一次电压的 40%、65%、80% 等，可根据起动转矩需要选用。

自耦起动器采用抽头式自耦变压器作减压起动，并附有热继电器和失压脱扣器，在电动机过载时或电路电压低于额定电压值时，能起到保护作用。其接线如图 2-1 所示。

自耦减压起动器由以下部分组成：

1）金属外壳。

2）接触系统：接触系统包括一组动触头，两组静触头。当油箱中盛以变压器绝缘油时，所有动、静触头浸没于油中，可防止触头在断开及闭合时产生的电弧烧毛触头。

3）操作机构：操作机构包括主轴、操作手柄以及机械联锁装置，能防止误操作后而引起电动机直接起动。

4）三相自耦变压器：三相自耦变压器位于接触系统的上方，备有额定电压 65% 及 80% 的两组抽头。

5）保护装置：保护装置包括一个两相保护的热继电器及一个失压脱扣器。

使用自耦减压起动器应注意以下问题：

1）使用前起动器油箱内必须灌注绝缘油，加至规定的油面线高度，以保证触头浸没于油中。要经常注意变压器油的清洁，以保持绝缘和灭弧性能良好。

2）起动器的金属外壳必须可靠接地，并经常检查接地线，以保障电气操作人员的安全。

3）使用起动器前应先把失压脱扣器铁心主极面上涂有的凡士林或其他油用棉布擦去，以免造成因油的黏度太大而使脱扣失灵的事故。



图 2-1　QJ3 系列手动自耦减压起动器

4）使用时应在操作机构的滑动部分加添润滑油，使操作灵活方便和保护零件不致生锈。

5）起动器内的热继电器不能当作短路保护装置用，因此在起动进线前应在主电路上串装三只熔断器，进行短路保护。

6）自耦减压起动器里的变压器可输出不同的电压，如因在起动时负荷太重造成起动困难时，可将自耦变压器抽头换接到输出电压较高的抽头上面使用。

7）电动机如要停止运行时，可按“停止”按钮；如需远距离控制电动机停止时，可在控制电路中串接一个常闭按钮。

8）起动器的功率必须与所控制电动机的功率相当。遇到过电流使热继电器脱扣后，应先排除故障，再将热继电器手动复位，以备下次起动电动机时使用。有的热继电器调到了自动复位，就不必用手动复位，只需等数分钟后再起动电动机。

9）自耦减压起动器在安装时如果配用的电动机的电流与起动器上的热继电器调节得不

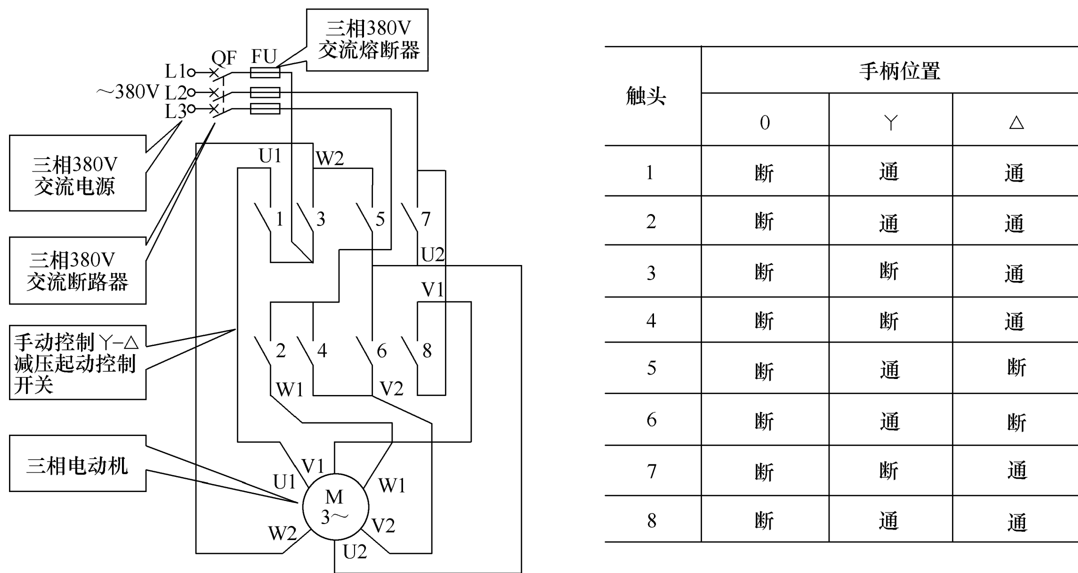
一致时，可旋动热继电器上的调节旋钮做适当调节。

10）要定期检查触头表面，发现触头烧毛，应用细锉刀锉光。如果触头严重烧坏，应更换同型号的触头。

2.2　OX1 型手动控制Y－△减压起动电路

星形－三角形（Y－△）减压起动的特点是方法简便、经济，起动电流是直接起动时的1/3，故只使用于电动机在空载或轻载情况下起动。

图 2-2 所示为 OX1 型手动Y－△起动器接线图。图中 L1、L2 和 L3 接三相电源，U1、V1、W1、U2、V2 和 W2 接电动机。当手柄扳到“0”位时，8 副触头都断开，电动机断电不运转；当手柄扳到“Y”位置时，1、2、5、6、8 触头闭合，3、4、7 触头断开，电动机定子绕组接成星形减压起动；当电动机转速上升到一定值时，将手柄扳到“△”位置，这时 1、2、3、4、7、8 触头接通，5、6 触头断开，电动机定子绕组接成三角形正常运行。



触头	手柄位置		
	0	Y	△
1	断	通	通
2	断	通	通
3	断	断	通
4	断	断	通
5	断	通	断
6	断	通	断
7	断	断	通
8	断	通	通

图 2-2　OX1 型手动控制Y－△减压起动电路

2.3　手动串联电阻起动控制电路

当三相交流电动机标牌上标有额定电压为 220/380V（△－Y）的接线方法时，不能用Y－△方法作减压起动，可用这种串联电阻或电抗器的方法起动。

工作原理如图 2-3 所示。当起动电动机时，按下开关按钮 SB1，电动机串联电阻起动。待电动机转速达到额定转速后，再按下 SB2，电动机电源改为全压供电，使电动机正常运行。



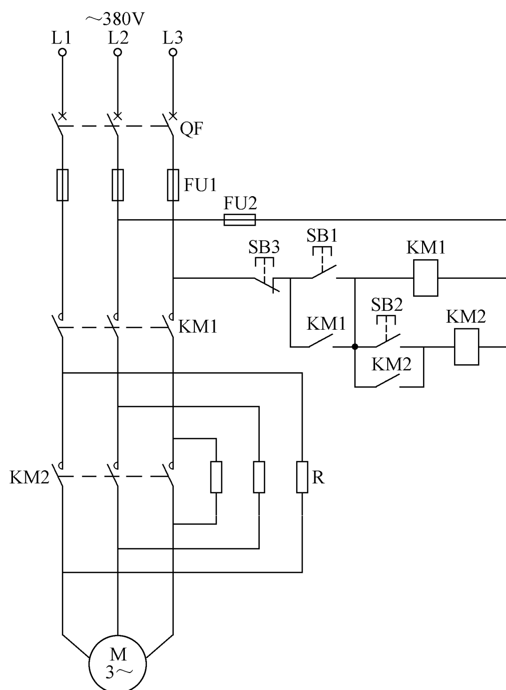


图 2-3 手动串联电阻起动控制电路

2.4 定子绕组串联电阻起动控制电路

电动机起动时，在电动机定子绕组中串联电阻，由于电阻上产生电压降，使电动机在额定电压下运行，达到安全起动的目的。

定子绕组串联电阻起动控制电路如图 2-4 所示。当起动电动机时，按下按钮 SB1，接触器 KM1 线圈得电吸合，使电动机串入电阻减压起动。这时时间继电器 KT 线圈也得电，KT 常开触头经过延时后闭合，使 KM2 线圈得电吸合。KM2 主触头闭合短接起动电阻，使电动机在全电压下运行。停机时，可按下停机按钮 SB2 即可。

2.5 自耦变压器手动起动控制电路

自耦变压器手动起动控制电路如图 2-5 所示，当起动电动机时，按下按钮 SB1，这时接触器 KM1 得电吸合，电动机通过自耦变压器起动。待电动机起动完毕以后，按一下按钮 SB2，电动机即可变为正常全压运行。

2.6 采用自耦变压器与时间继电器起动控制电路

对容量较大的 220/380V 笼型电动机不能用Y－△方法起动时，可用自耦变压器及时间继电器控制起动，如图 2-6 所示。只要按下操作按钮 SB1，KM1 吸合，进行减压起动，经一

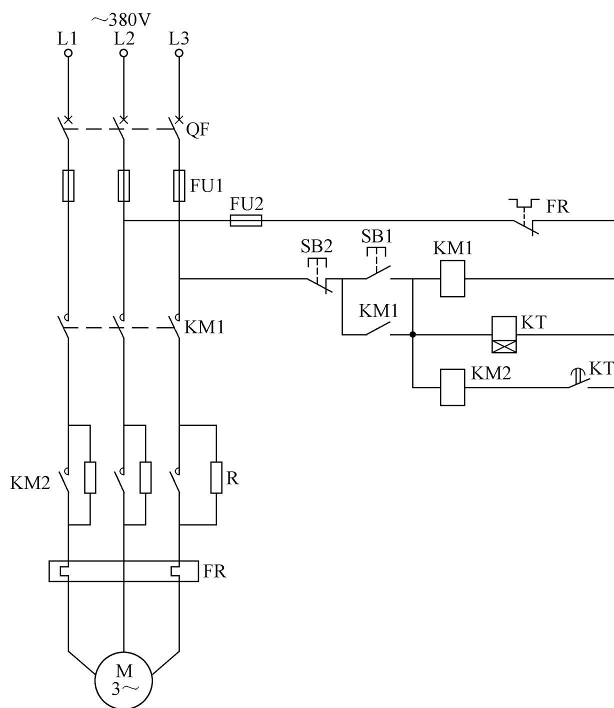


图 2-4　定子绕组串联电阻起动控制电路

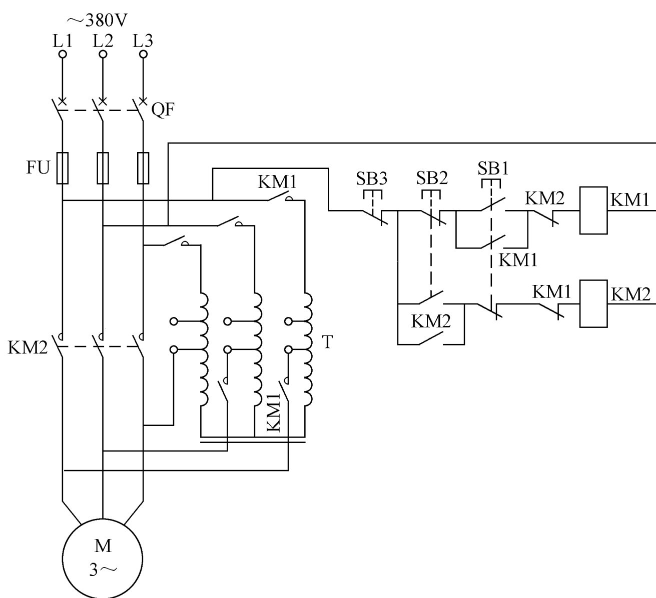


图 2-5　自耦变压器手动起动控制电路

段时间，电动机达到额定转速后，时间继电器 KT 动作，KM1 失电，KM2 得电，电动机在全压下正常运转。按下停止按钮 SB2，电动机便失电停转。

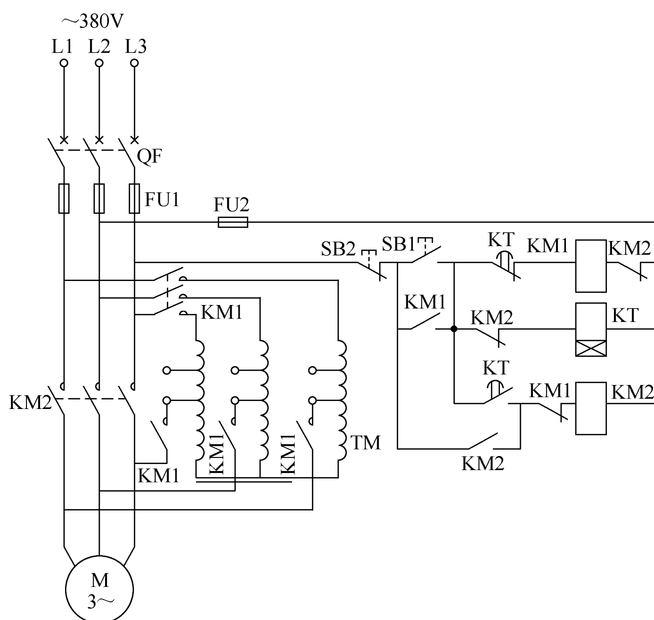


图 2-6　采用自耦变压器与时间继电器起动控制电路

2.7　延边三角形减压起动电路

图 2-7 所示是延边三角形减压起动电路。按下起动按钮 SB1，KM1 获电动作，其常开辅助触头闭合自锁，电动机绕组接成延边三角形减压起动。KT 达到整定时间后，延时断开的常闭触头断开，使 KM3 失电释放，KM3 常闭辅助触头闭合。同时，KT 延时闭合的常开触头闭合，KM2 获电动作，其常开辅助触头闭合自锁，电动机绕组由延边三角形转换为三角形联结，起动过程结束。这种联结适用于要求起动转矩较大的场合。

2.8　频敏变阻器起动控制电路

图 2-8 所示是绕线转子异步电动机应用频敏变阻器的起动控制电路。它是利用频敏变阻器的阻抗随着转子电流频率的变化而显著变化的特点来实现的。

起动时按下起动按钮 SB1，KM1 获电动作，其常开辅助触头闭合自锁，电动机转子电路串入频敏变阻器起动。当时间继电器 KT 达到整定时间后，其延时闭合的常开触头闭合，中间继电器 KA 获电动作，其常开触头闭合，KM2 获电动作，常闭触头断开，使时间继电器 KT 断电，同时 KM2 常开触头闭合，将频敏变阻器短接，起动过程结束。

KA 的作用是：在起动时，由其常闭触头将热继电器的发热元件短接，以免因起动时间过长造成热继电器误动作。起动结束后，KA 动作把热继电器投入运行。

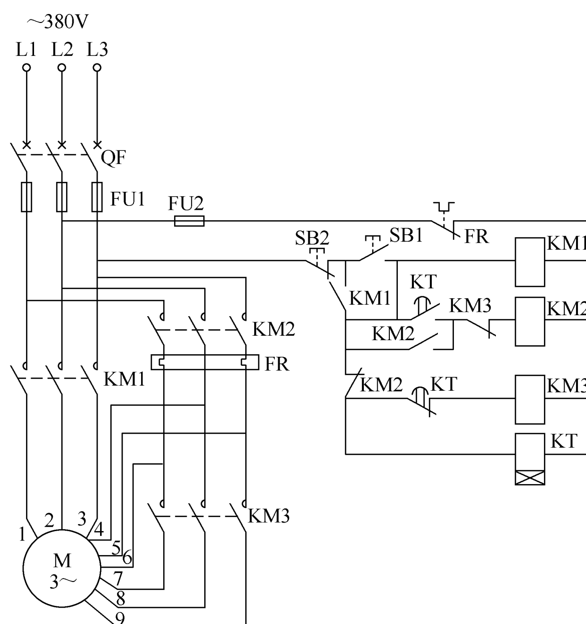


图 2-7　延边三角形减压起动电路

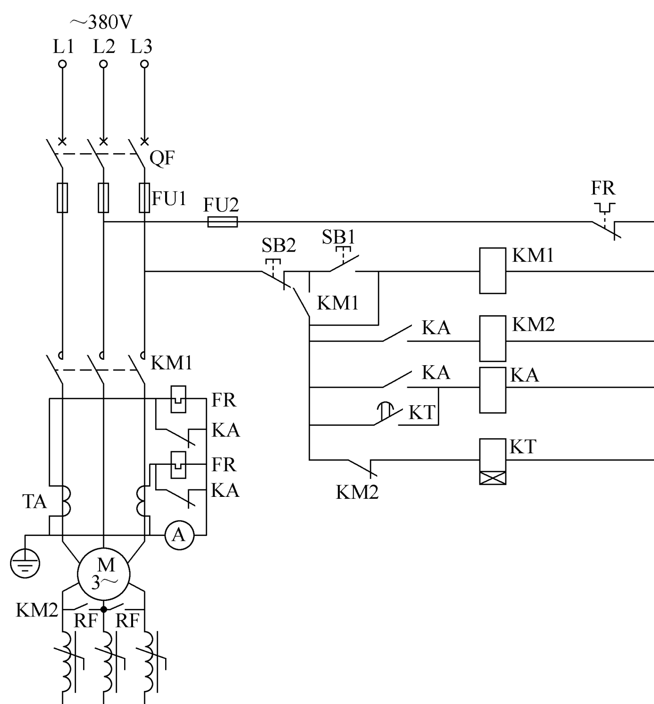


图 2-8　频敏变阻器起动控制电路



2.9 自动控制补偿器减压起动电路

在需要自动控制起动的场合，常采用XJ01型自动起动补偿器，主要由自耦变压器、交流接触器、中间继电器、时间继电器和控制按钮等组成。

XJ01型自动起动补偿器工作原理如图2-9所示。接通电源，灯Ⅰ亮，按下起动按钮SB1，KM1线圈得电，KM1主触头闭合，电动机减压起动。KM1常开触头闭合自锁，灯Ⅱ亮。KM1常闭触头断开，灯Ⅰ灭，KT得电，其常开触头延时闭合，K线圈获电，K常闭触头断开，KM1断电，KM1常开触头断开。同时K常开触头闭合，KM2线圈得电，KM2主触头闭合，电动机全压运行，其KM2常开触头闭合，灯Ⅲ亮。

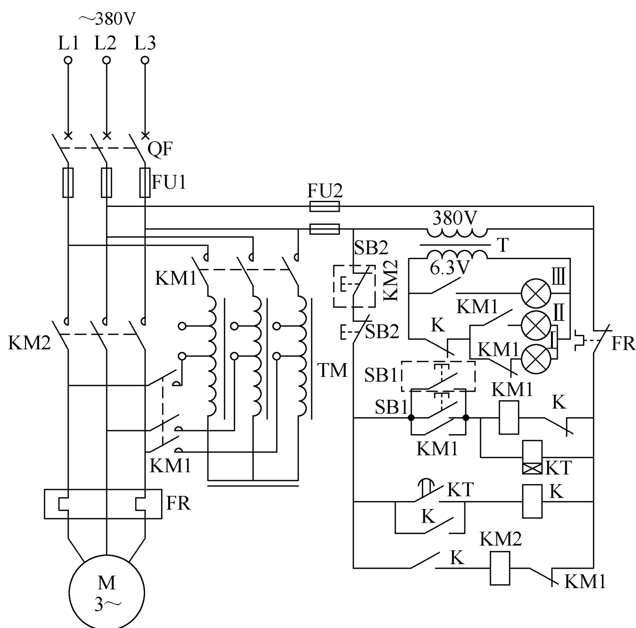


图2-9 自动控制补偿器减压起动电路

2.10 用三个接触器实现Y-△减压起动控制电路

用三个接触器的Y-△减压起动控制电路如图2-10所示。按下起动按钮SB1，KM1、KT、KM3获电动作，电动机绕组接成星形联结减压起动。时间继电器达到整定延时时间后，延时闭合的常开触头闭合，延时断开的常闭触头断开，KM3失电释放，这时KM3常闭辅助触头闭合，使KM2获电动作，电动机绕组由星形联结转换成三角形联结，起动过程结束。这种控制电路适用于13~55kW的三角形联结的电动机。

2.11 用两个接触器实现Y-△减压起动控制电路

图2-11所示是用两个接触器的Y-△减压起动控制电路。

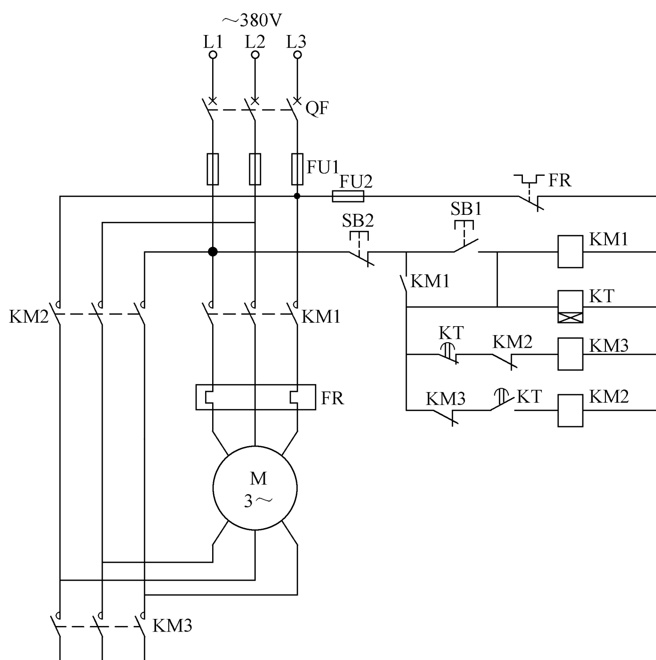


图 2-10　用三个接触器实现Y－△减压起动控制电路

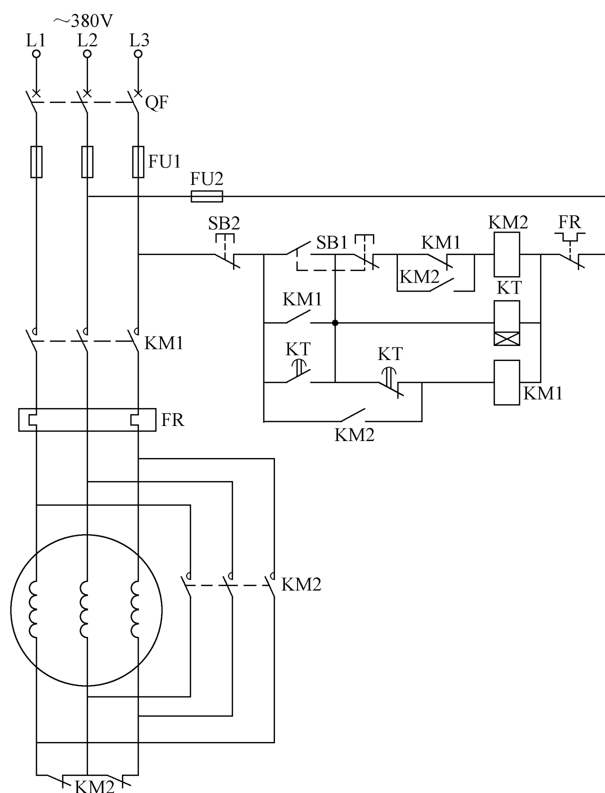


图 2-11　用两个接触器实现Y－△减压起动控制电路



当按下起动按钮SB1，KM1、KT获电动作，KM1常开辅助触头闭合自锁，电动机绕组接成星形联结减压起动。经过一段时间，KT延时断开的常闭触头断开，KM1失电释放，其常闭辅助触头闭合。同时KT延时闭合的常开触头闭合，KM2获电动作，其常闭触头断开，将星形联结断开，同时其常开触头闭合，使KM1得电动作，闭合其主电路常开触头，电动机由星形联结转换为三角形联结。

这种电路仅适应于功率在13kW以下三角形联结的小容量电动机。否则由于接触器KM2常闭辅助触头接在主电路中，容量小，很易烧损。

2.12 采用补偿器的起动控制电路

工作原理如图2-12所示。按下起动按钮SB1，接触器KM1、时间继电器KT得电，KM1常开触头闭合自锁。接触器KM1主触头闭合，使补偿器投入电动机减压起动电路，电动机开始起动。时间继电器KT按整定时间延时，电动机达到运转速度后，其常闭触头断开，使接触器KM1失电，主触头断开，补偿器脱离，同时常闭触头闭合。另外，时间继电器KT常开触头也接通，这时接触器KM2得电，其常开触头闭合自锁。KM2常闭触头断开，时间继电器KT失电，接触器KM2主触头闭合，电动机投入正常运转。

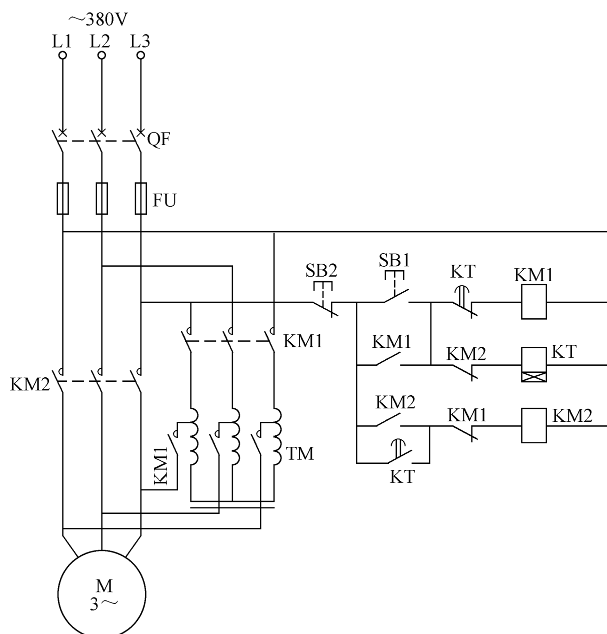


图2-12 采用补偿器的起动控制电路

2.13 手动Y-△减压起动控制电路

如图2-13所示，按下起动按钮SB1时，KM1得电，其常开触头闭合，KM3得电，KM3常闭触头断开，常开触头闭合，电动机绕组接成星形联结减压起动。当转速达到（或接近）

额定转速时，按下按钮 SB2，使 KM3 失电释放，KM2 得电吸合，电动机由星形联结转换成三角形联结。

这种控制电路适用于 13～55kW 的三角形联结的电动机。

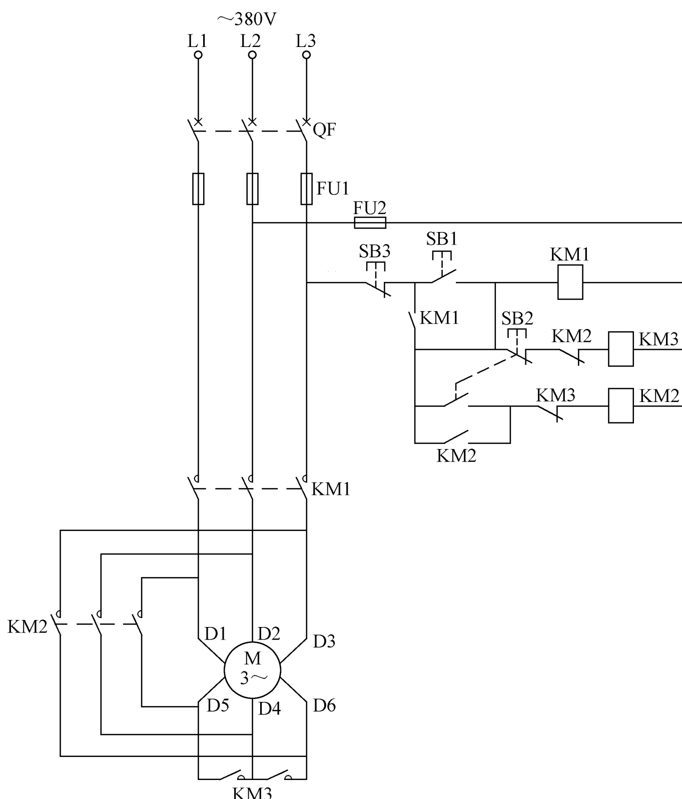


图 2-13　手动Y－△减压起动控制电路

2.14　笼型电动机Y－△换接起动控制电路

工作原理如图 2-14 所示。在起动电动机时，先合上开关 QF，按下按钮 SB1，接触器 KM1 得电吸合，接触器自锁。星形起动接触器 KM2 线圈和时间继电器 KT 线圈保持通电，KM2 主触头接通，电动机接成Y起动。同时 KM2 常闭辅助触头分断，使接触器 KM3 线圈断路。待时间继电器延时到一定时间后（时间继电器可由电动机的容量和起动时负载的情况来调整），时间继电器 KT 的常闭延时分断和常开延时闭合的触头分别动作，使 KM2 线圈断电，使 KM3 线圈通电，并使其触头自锁，使电动机接成△运行。同时 KM3 常闭辅助触头断开，使 KT 和 KM2 线圈断电。

图 2-14 中热继电器 FR 与电动机两相绕组串联，其整定电流应为电动机相电流的额定值，在△联结的电动机中，热继电器按上述方法连接，较为可靠。



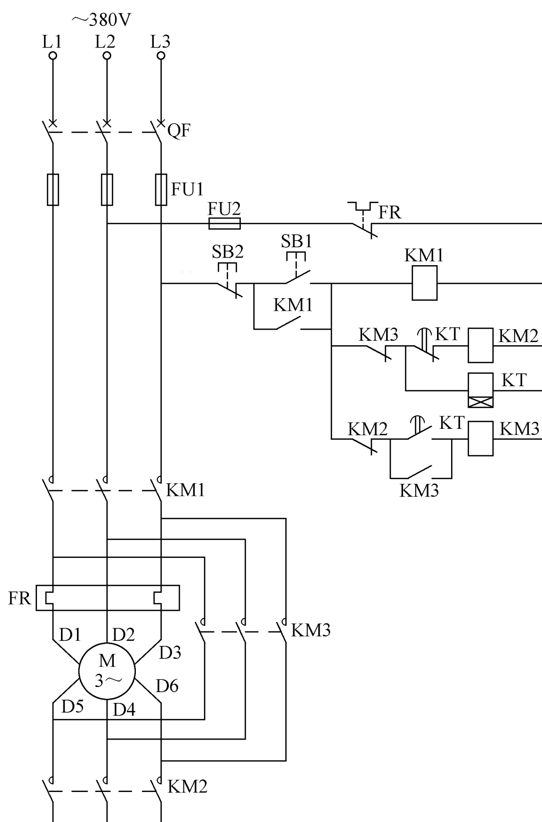


图 2-14 笼型电动机Y－△换接起动控制电路

2.15 用时间继电器自动转换Y－△起动控制电路

用时间继电器自动转换Y－△起动电动机控制电路如图 2-15 所示。当按下按钮 SB1，电动机起动完毕后（时间继电器一般控制在 30s），时间继电器常闭触头断开，使 KM2 失电释放，同时由于 KM2 的释放又接通了 KM3 线圈的电源，KM3 吸合，电动机改为△运行。

2.16 用中间继电器、时间继电器延时转换的Y－△减压起动控制电路

这种控制电路在设计上增加了一级中间继电器和时间继电器，可以防止大容量电动机在Y－△转换过程中，由于转换时间短，电弧不能完全熄灭而造成的相间短路。它适用于 55kW 以上三角形联结的大容量电动机，如图 2-16 所示。

接通电源时，时间继电器 KT1 获电动作，为起动做好准备。按下起动按钮 SB1，KM1、KT2、KM3 获电动作。KM1 常开辅助触头闭合自锁，电动机绕组接成星形联结减压起动。KT2 达到整定延时时间后，KT2 延时断开的常闭触头断开，使 KM3 失电释放，同时 KT2 延

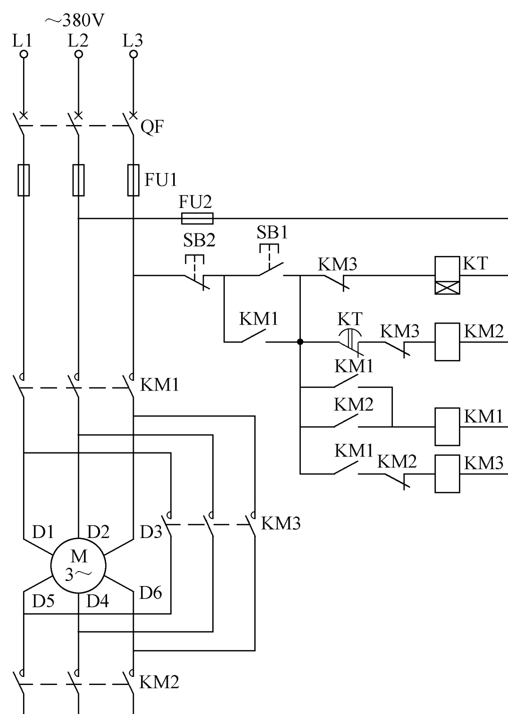


图 2-15　用时间继电器自动转换Y－△起动控制电路

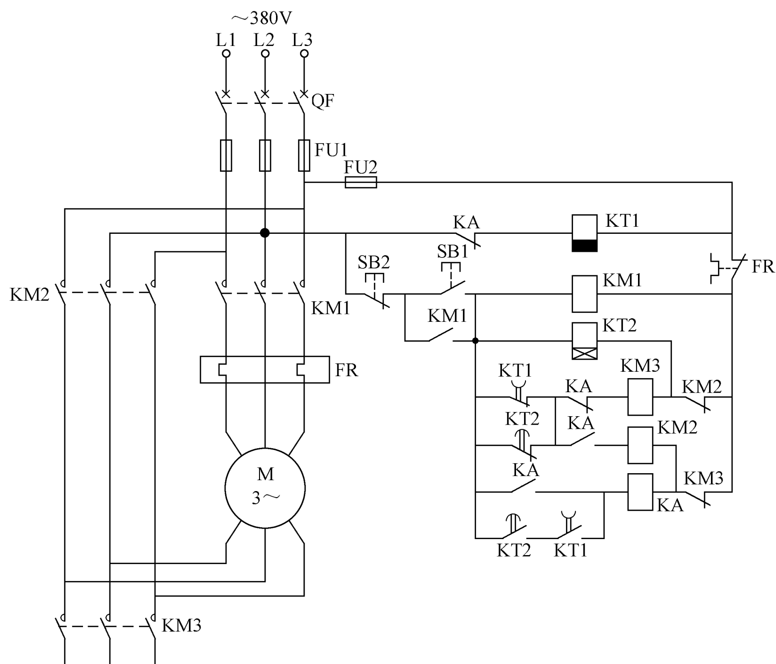


图 2-16　用中间继电器、时间继电器延时转换的Y－△减压起动控制电路



时闭合的常开触头闭合，使中间继电器 KA 获电动作。KA 常闭触头断开使 KT1 失电释放，同时 KA 常开触头闭合。当 KT1 断电，延时触头达到延时时间（0. 5～1s）闭合后，KM2 才获电动作。这时电动机由星形联结转换为三角形联结，起动过程结束。

2.17 采用自耦变压器与时间继电器起动控制电路

图 2-17 是一种自耦变压器与时间继电器配合的起动控制电路，按图上文字说明及元件组合连接好此电路，就能组装成减压起动配电柜，这为初学配电柜的电工朋友提供了一次很实际的学习机会，如把这些电气元器件按不同功率要求配齐，（连接主电路动力线要求有足够的电流容量）按实物图去连接，就能自装电动机配电柜了。装好配电柜后要认真检查接线，确保连接无误时，方能通电实验。工作时按一下起动按钮 SB1，电动机减压起动。待电动机起动完毕，通过时间继电器能自动转换为全压运行。另外还加有指示灯电路，用于指示整个起动过程情况。

2.18 用晶体管延时电路自动转换Y－△起动控制电路

用电子元器件组成延时电路，具有体积小、价格低等优点。

用晶体管延时电路控制Y－△电动机起动电路如图 2-18 所示。当按下起动按钮 SB1 时，交流接触器 KM1 和 KM2 同时得电，电动机接成Y起动，与此同时，KM1 的常开辅助触头把晶体管延时电路接通。继电器 KA 延时动作，其常闭触头打开，切断 KM2 的线圈回路，与此同时，其常开触头闭合，使接触器 KM3 得电吸合，电动机接成三角形正常运行。

调整电路中电容 C2 容量的大小或电位器 RP，可控制晶体管达到导通的时间，即延时时间。

2.19 定子绕组串电阻（或电抗）减压起动电路

按下起动按钮 SB1，KM1、KT 获电动作，其常开辅助触头闭合自锁，电动机定子绕组串入电阻减压起动。时间继电器达到整定时间后，KT 常开延时闭合触头闭合，KM2 获电动作，其主触头闭合将电阻短接，电动机定子绕组加上电源全电压，起动过程结束，如图 2-19 所示。

这种电路适用于要求起动平稳的中等容量的笼型异步电动机。它的不足是起动转矩因起动电流减小而降低。另外，起动电阻要消耗一定的功率，所以不宜频繁起动。

2.20 绕线转子异步电动机转子串电阻起动控制电路

图 2-20 是绕线转子异步电动机三级电阻起动控制电路。它根据电动机转子电流的大小变化，利用电流继电器控制电阻的切除，把起动电流控制在一定范围内，提高起动转矩。

按下起动按钮 SB1，KM 获电动作并自锁，电动机转子电路串入三级电阻起动。这时 KI1、KI2、KI3 吸合，其常闭触头断开，使加速接触器 KM1、KM2、KM3 都断开不动作，而

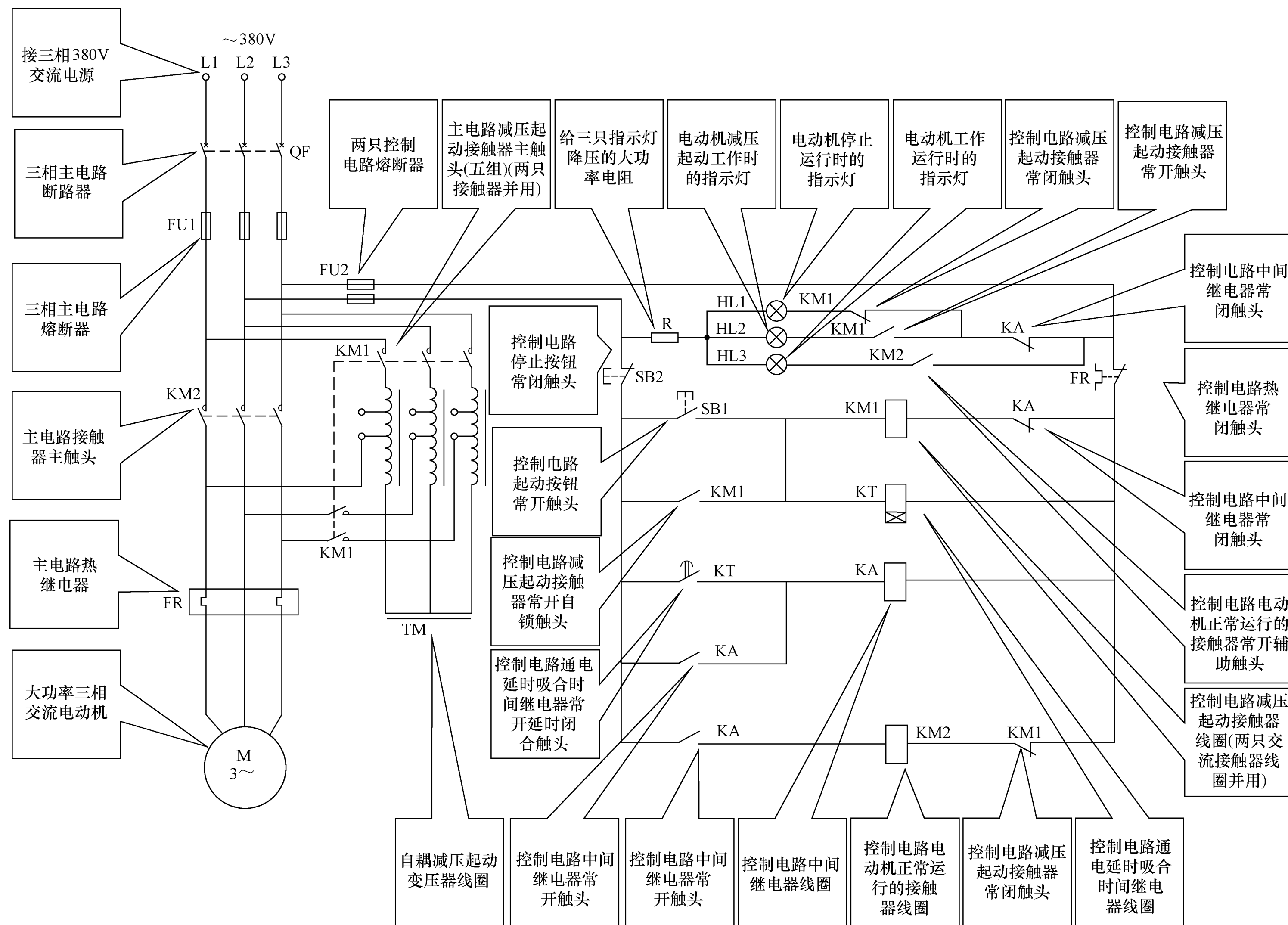


图2-17　采用自耦变压器与时间继电器起动控制电路

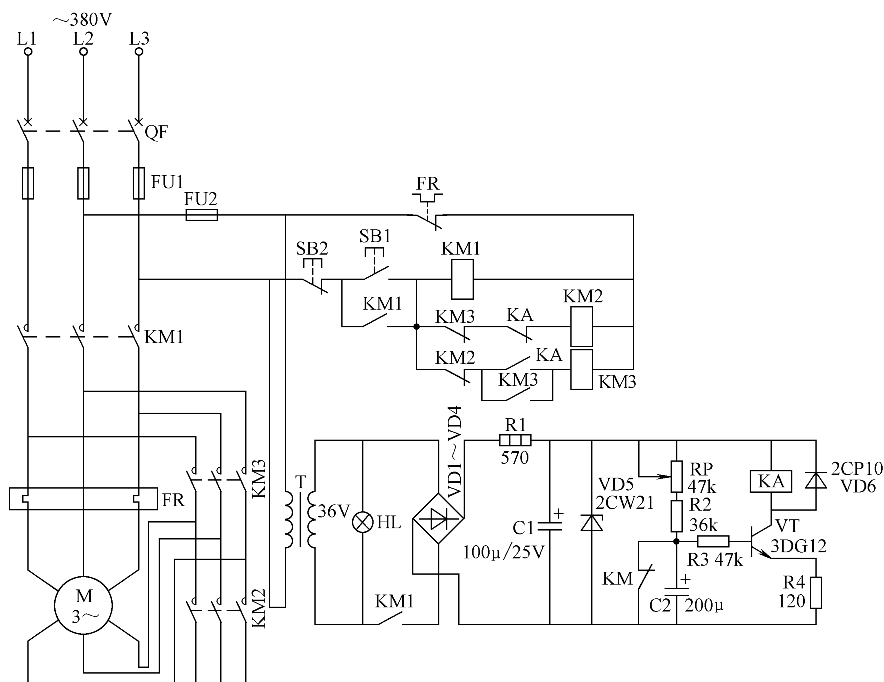


图2-18 用晶体管延时电路自动转换Y-△起动控制电路

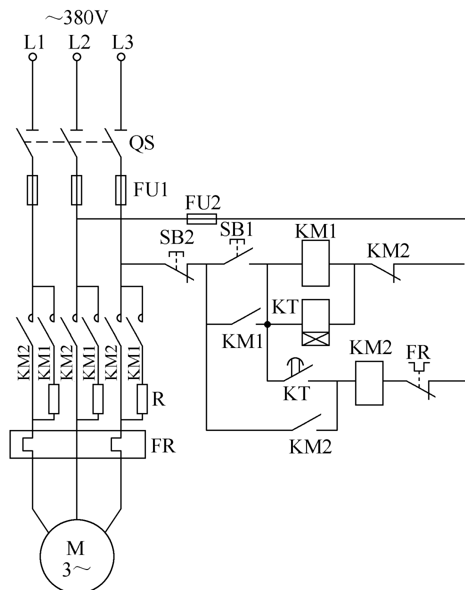


图2-19 定子绕组串电阻（或电抗）减压起动电路

其常开触头闭合，使中间继电器KA得电动作，KA常开触头闭合，使KA自锁并为电动机加速做好准备。待电动机转速升高后，转子电流减小，首先KI1释放，其常闭触头闭合，加速接触器KM1获电动作，其常开触头闭合，把第一段起动电阻SR1短接；这时电流又增大，

当转速稳定后，转子电流又减小，KI2 释放，其常闭触头闭合，KM2 获电动作，又将第二段起动电阻 SR2 短接……直到起动电阻全部切除，电动机起动过程结束。

起动电路中，三个电流继电器 KI1、KI2、KI3 吸合电流相同，但释放电流不一样大，KI1 最大，KI2 次之，KI3 最小。中间继电器 KA 的作用是为了保证在起动开始时使全部电阻都接入。要求当三个电流继电器的常闭触头都断开后，其常开触头才能闭合。如果立即闭合，则在转子电流由零值递增的过程中，三个电流继电器都尚未动作，其常闭触头仍闭合，加速继电器 KI1、KI2 和 KI3 因获电而同时动作，将全部电阻短接，造成电动机转子未串电阻直接起动。

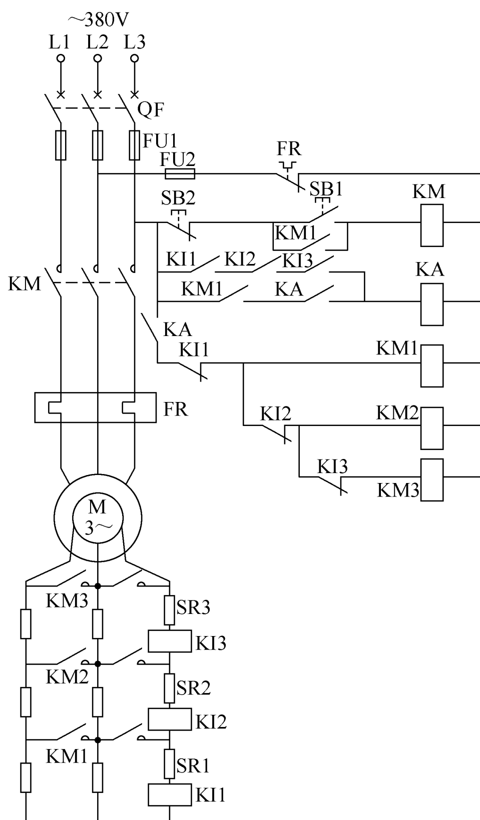


图 2-20 绕线转子异步电动机转子串电阻起动控制电路

2.21 XJ01 型自动自耦减压起动柜电路

XJ01 型自动自耦减压起动柜电路适用于交流 50Hz、电压 380V 三相异步电动机在不频繁操作条件下作减压起动，并具有过载、短路及失压保护的功能。电路原理如图 2-21 所示。

合上电源开关 QF，指示灯 Ⅰ 亮，按下按钮 SB1 时，KM1 和时间继电器 KT 得电吸合，同时 KM1 常开触头闭合，松开按钮 SB1，KM1 自锁触头继续接通，KM1、KT 线圈回路保持继续吸合。这时，电源电压便通过自耦变压器减压后接入电动机，使电动机减压起动，经过一段时间，时间继电器 KT 动作，使 KT 延时常开触头闭合，中间继电器 KA 得电吸合，并



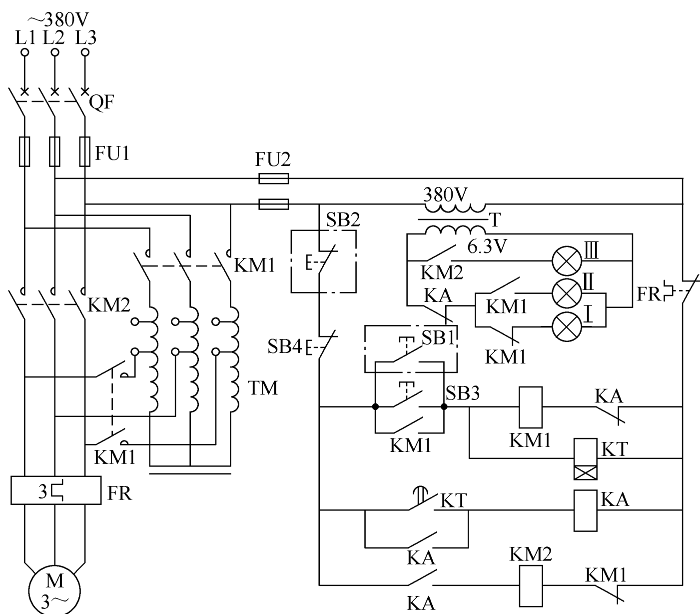


图2-21 XJ01型自动自耦减压起动柜电路

自锁。由于KA的吸合，断开了KM1、KT的通电线圈，使它们释放复位，同时在KM1释放后，其常闭触头闭合，接通接触器KM2，接触器KM2便投入电动机运行状态，电动机在全压下运行。同时灯Ⅱ（起动指示灯）熄灭，灯Ⅲ（运行指示灯）亮，当须停止电动机运行时，可按下停止按钮，电动机即停止工作。

使用XJ01型自耦减压起动柜应注意以下问题：

1）XJ01型自耦减压起动柜在使用前需用500V绝缘电阻表测量导线对地电阻不小于1MΩ，并将各个接线点加以紧固。

2）安装时，电源线、负荷电动机线应从箱底部穿入，L1、L2、L3标定线接电源或接断路器上桩头，ML1、ML2、ML3接三相电动机。

3）自耦变压器备有额定电压65%及80%的两挡抽头，在应用中可根据负荷的大小来决定使用接入抽头的位置。

4）时间继电器可在0~60s范围内调节，可根据需要调节起动电动机时间。热继电器的额定电流应根据电动机的额定电流值整定。

5）起动柜一般起动时间为10~20s。如果电动机容量较大，负载较重，最长起动时间可调整到25s。

6）起动柜如需要远距离操作，可按电路图SB1、SB4的虚线连接。

7）在使用起动柜过程中，如热继电器发生误动作，可将热继电器的动作电流适当调大一点；如发生过载动作，则需按下热继电器复位按钮，方能继续使用。

8）起动柜在使用期间，要经常清除尘埃，并定期检查各电器接触部位是否接触良好，有问题要及时修理。

9）接触器在工作时，如有噪声或延时释放现象，将衔铁极面积尘或油垢擦净后，即能

恢复正常。

10）检修起动柜时，要检查接触器触头有无烧毛现象。如触头烧毛，应用细纹锉将触头修光。

2.22　XJ01 型 80～300kW 电动机起动配电电路

XJ01 型 80～300kW 电动机起动配电电路如图 2-22a 所示。起动时，由 5 排主触头的接触器先动作，接通自耦变压器，然后通过自耦变压器减压后，把电源供给电动机 M 起动，待转速接近到电动机本身的额定转速时，时间继电器动作，使起动接触器释放，在释放后主接触器把三相 380V 电压全压加到电动机上，这时整个配电柜起动过程全部结束。在特殊场合使用这种起动配电柜，它还可根据工作生产需要把自动减压并能自动投入运行的控制开关改为手动控制电动机起动和运行。

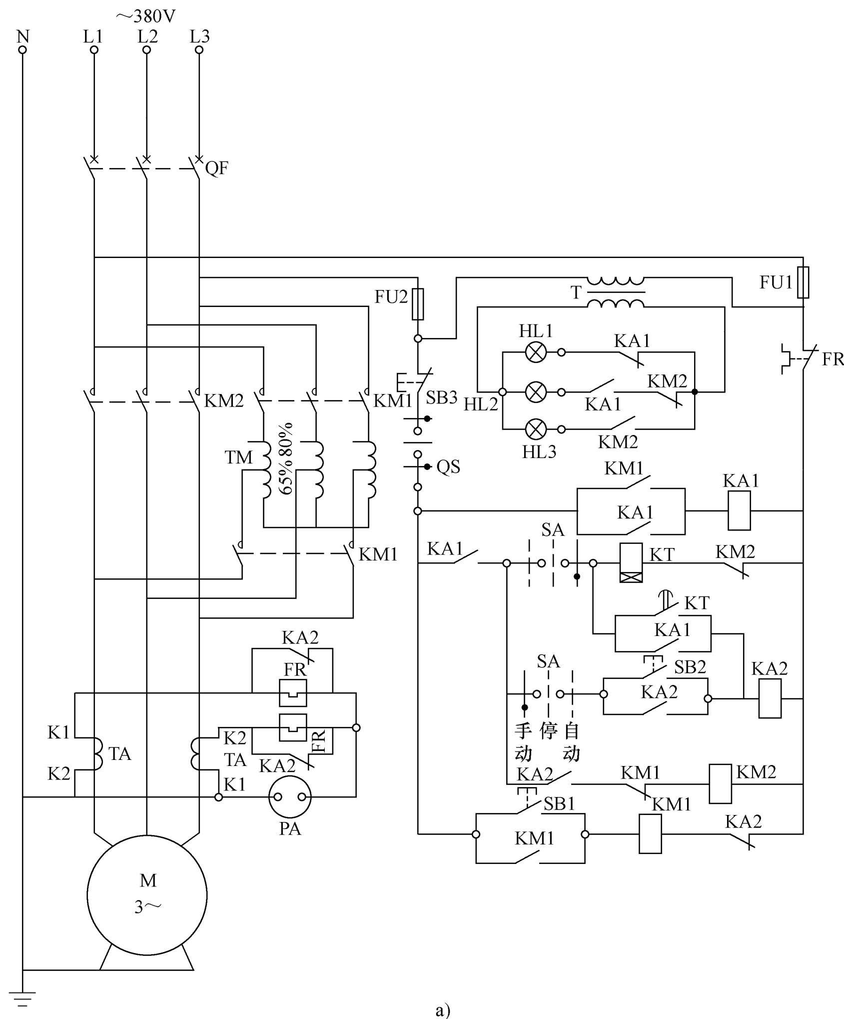


图 2-22　XJ01 型 80～300kW 电动机起动配电电路

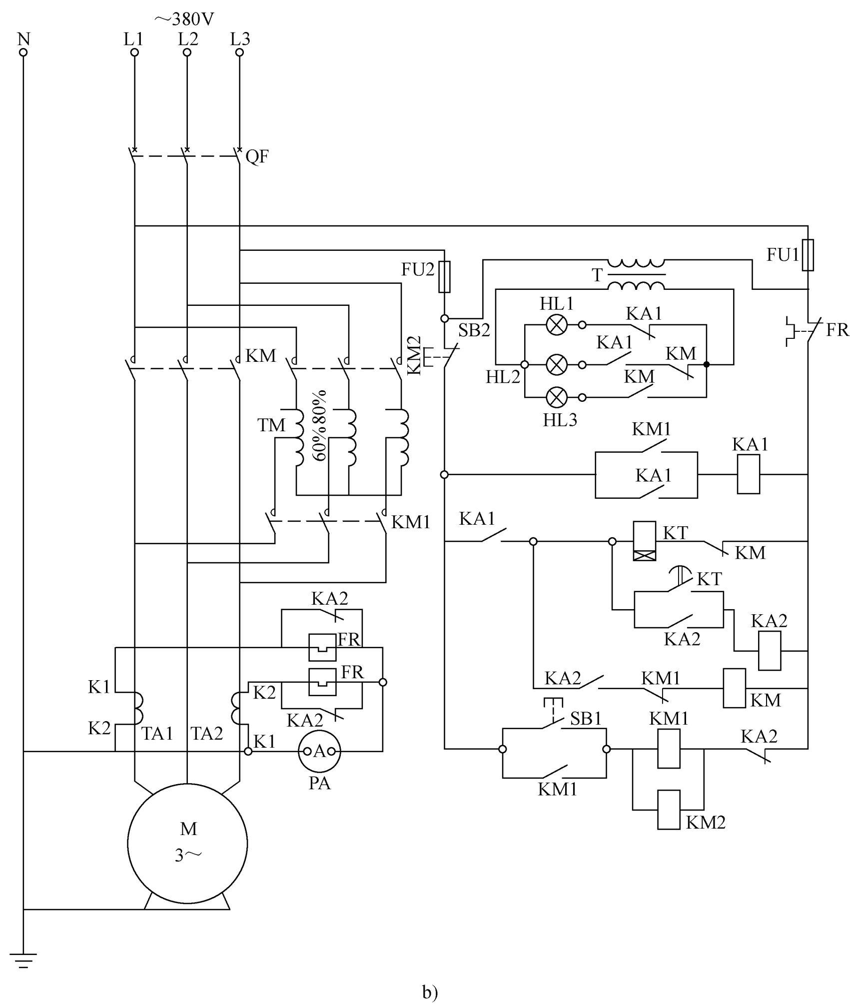
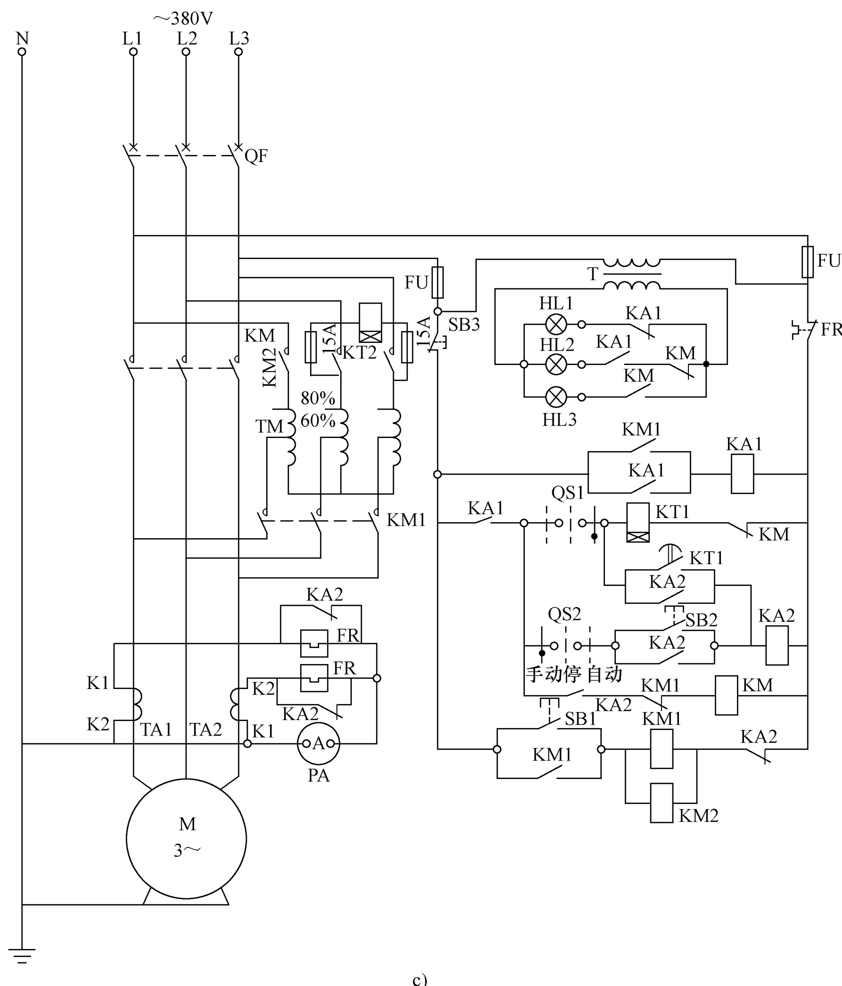


图 2-22　XJ01 型 80～300kW 电动机起动配电电路（续）



c)

图 2-22　XJ01 型 80～300kW 电动机起动配电电路（续）

在需自动转入运行时，首先把功能转换开关 QS2 拨向自动位置，然后把动力电源 380V 送入断路器 QF 上桩头，合上 QF，然后按下起动按钮 SB1，这时接触器 KM1 得电吸合，5 排主触头接通自耦变压器，通过自耦减压后把电压加到电动机 M 上，电动机开始减压起动。由于 KM1 的吸合，使 KM1 所有常开辅助触头闭合，其中一组常开辅助触头闭合后接通了中间继电器 KA1 线圈回路，使中间继电器 KA1 得电吸合并自锁。这时，由于中间继电器 KA1 的吸合，它的常开触头同时又把时间继电器 KT1 线圈回路接通，这时 KT1 得电后延时动作，延时的时间长短正好整定在电动机从通电到达到额定转速时，这时时间继电器开始动作，延时闭合常开触头闭合，接通中间继电器 KA2。由于 KA2 的吸合，一组 KA2 的常闭触头断开了起动接触器线圈，使起动接触器 KM1 释放，并接通运行接触器互锁触头，对运行接触器的吸合做好了准备，与此同时，由于中间继电器 KA2 的吸合，同时也接通了运行接触器 KM2 线圈的电源，这时 KM2 便根据 KA2 和 KM1 提供的两个必要接通电路的条件便得电吸合，使电动机进入运行状态。如果须停止电动机运行，可按下按钮 SB3，即可断开运行接触器 KM2 线圈电源，使 KM2 释放，电动机停止运行。如果由于工作的需要要手动控制起动并



打向运行时，可把开关QS2拨向手动位置，这时在按下起动按钮SB1后，待KM1吸合、电动机起动完毕后，手动按下SB2，使中间继电器KA2吸合，KM1断电释放，同时KA2常开触头接通运行接触器KM2，使电动机手动也能转向运行。

对于这种大型配电柜电路，也可自己根据电路进行安装，一般可用角铁和铁皮先焊一个配电柜，然后根据电动机的大小选用额定容量足够的接触器、断路器、自耦变压器以及主电源导线、互感器、热继电器等，由于在安装中起动接触器为5排主触头，这种大型接触器市场上不容易买到，所以KM1可改为2只150A的有三相主触头的交流接触器，线圈可并联起来使用，如果无须手动操作转向运行可直接去掉手动电路，如图2-22b所示。另外在使用这种配电柜的实践中发现，由于时间继电器线圈烧坏或由于中间继电器KA1或KA2线圈烧坏或动作触头卡死，往往造成电动机只能在起动电压上工作，致使电动机在加入额定负荷后，绕组严重发热，甚至时间一长使自耦变压器发热烧毁，电动机绕组也同样会损坏。为此，如在电路中多加一个时间继电器和两只15A熔断器，便可在上述电气元件损坏后，在起动配电柜不自动转换至运行状态时，能自动地通过KT2得电延时动作，从而断开控制回路的所有接触器，使起动接触器KM1、KM2断电释放，同时KM1、KM2释放后无需任何调整即可重新起动电动机配电柜。这种电路如图2-22c所示。它只是在原电路的基础上，增加了一只时间继电器KT2，接在KM1的下桩头，并在此线圈接接触器时串接2只15A螺旋熔断器，以防短路。当KM1和KM2接通电源后，KT2可同时得电延时，时间继电器KT1调整在电动机起动达到规定转速时延时触头动作，打向运行。而时间继电器KT2则调整在超过KT1时间半分钟以后，如果KT1或是中间继电器线圈因烧坏等故障而不能动作，而KT2通电线圈延时到时，使KT2延时常闭触头断开主控制电源回路，使接触器KM1、KM2或中间继电器KA1断电释放，从而保护了电动机和自耦变压器不被烧毁。时间继电器要选用电动式的时间继电器，因它的延时常闭触头容量较大，如选用小容量的时间继电器，可在延时触头上先串接中间继电器后再利用中间继电器触头断开配电柜控制主电路。

2.23 频敏变阻器电路

频敏变阻器用在绕线转子电动机中与转子绕组串联来平稳起动电动机。频敏变阻器电路如图2-23所示，它是一种无触头电磁元件，类似一个铁心损耗特别大的三相电抗器，它的特点是阻抗随通过电流的频率变化而改变。由于频敏变阻器是串接在绕线转子电动机的转子电路里，在起动过程中，变阻器的阻抗将随着转子电流频率的降低而自动减小，电动机平稳地起动起来后，再短接频敏变阻器，使电动机正常运行。频敏变阻器是由数片厚钢板和线圈组成，线圈为星形联结。

在使用频敏变阻器时应注意以下问题：

1）起动电动机时，起动电流过大或起动太快时，可换接线圈接头，因匝数增多，起动电流和起动转矩便会同时减小。

2）如起动转速过低，切除频敏变阻器时冲击电流过大，则可换接到匝数较少的接线端子上，起动电流和起动转矩就同时增大。

3）频敏变阻器在使用一段时间后，要检查线圈对金属壳的绝缘情况，经常进行表面积尘清除工作。

4）如果频敏变阻器线圈损坏，可用 B 级电磁线按原线圈匝数和线径重新绕制。

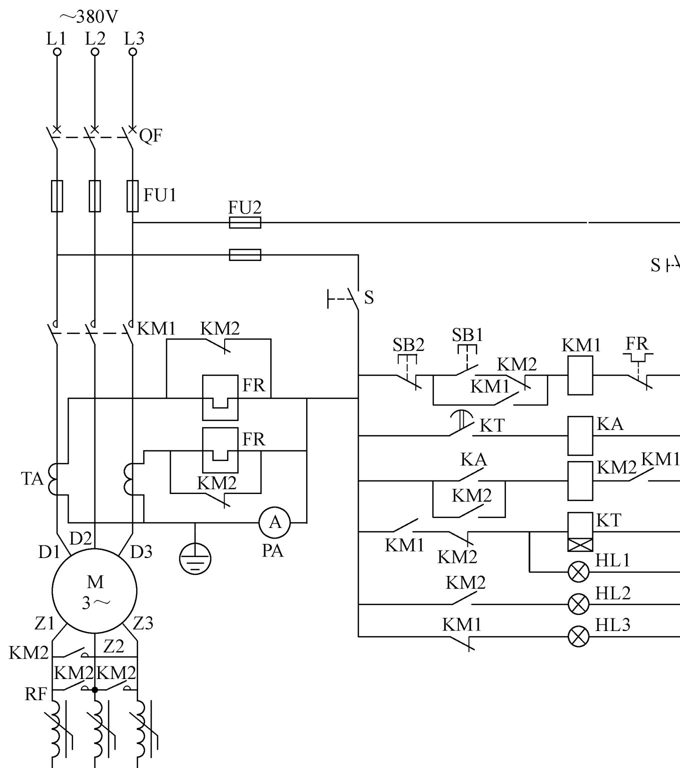


图 2-23　频敏变阻器电路

2.24　90～115kW 电动机 XJ011 系列自动控制自耦式减压起动柜电路

功率较大的电动机也可采用与其配套的配电柜来满足起动的要求。图 2-24 所示是 90～115kW 电动机 XJ011 系列自动控制自耦式减压起动柜电路。这种起动器具有自动操作功能和手动操作功能两种。自动操作时，合上电源开关，红色指示灯亮，按下按钮 SB1 时，KM2 和时间继电器 KT 得电吸合，同时 KM2 常开触头闭合，KT 也吸合，松开按钮 SB1，KM2 自锁触头继续接通 KM2、KT 线圈回路，保持继续吸合。这时，电源电压便通过自耦变压器减压后接入电动机，使电动机减压起动，经过一定时间，时间继电器 KT 动作，使 KT 延时常开触头闭合，中间继电器 KA 得电吸合并自锁。由于 KA 的吸合，断开了 KM2、KT 的通电线圈使它们释放复位，同时在 KM2、KT 释放后，其常闭触头闭合，接通接触器 KM1，KM1 便投入电动机运行状态，电动机在全压下运行。同时黄灯（起动指示灯）熄灭，绿灯（运行指示灯）亮，当需停止电动机运行时，可按下停止按钮 SB2，电动机即停止工作。电路中按钮 SB3 为手动直接投入运行按钮，它的作用是当时间继电器失灵、不能自动投入运行时，可先按下起动按钮 SB1，等电动机达到额定转速接近同步转速时，即电流表的指针逐渐下降到接近电动机额定电流时，再按下按钮 SB3，便使电动机投入运行。这种配电柜可控制 90～115kW 的三相异步电动机。电路中的熔断器、热继电器及变压器与电动机容量也要配套

使用。

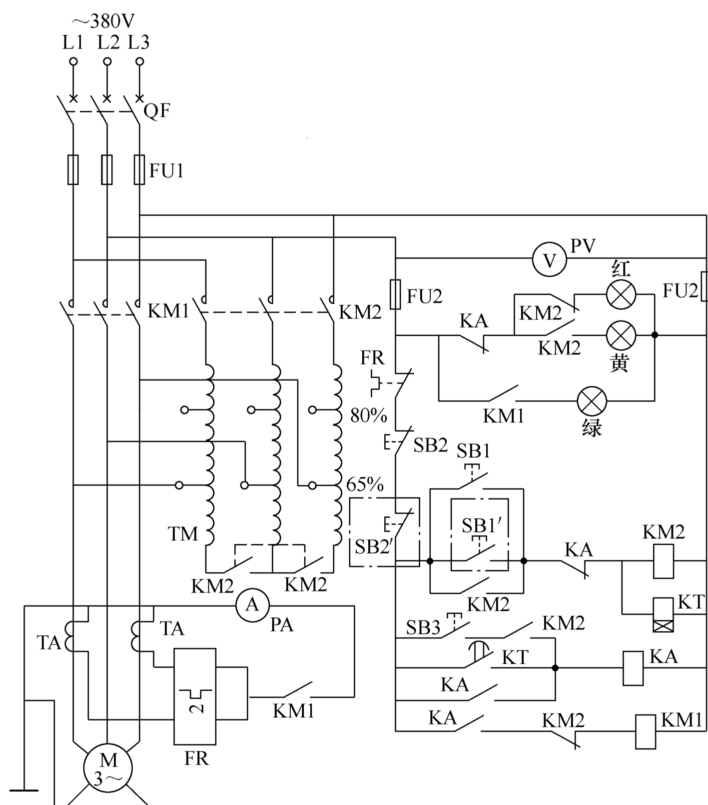


图 2-24　90～115kW 电动机 XJ011 系列自动控制自耦式减压起动柜电路

使用时要注意以下几点：

1）XJ011 系列自耦式减压起动柜在使用前需用 500V 绝缘电阻表测量导线对地电阻，其值应不小于 1MΩ，并将各个触头加以紧固。

2）安装时，电源线、负荷电动机线应从箱底部穿入，L1、L2、L3 标定线接电源或断路器上桩头，MA、MB、MC 接三相电动机。

3）自耦变压器备有额定电压 65% 及 80% 的两挡抽头，在应用中可根据负荷的大小来决定使用抽头的位置。

4）时间继电器可在 0～60s 范围内调节，可根据需要调节起动电动机时间。热继电器的额定电流应根据电动机的额定电流值整定。

5）起动柜一般起动时间为 10～20s。如果电动机容量较大，负载较重，最长起动时间可调整到 25s。

6）起动柜如需要远距离操作，可按电路图中的 SB1′、SB2′，引出连接。

7）在使用配电柜过程中，如热继电器发生误动作，可将热继电器的动作电流适当调大一点；如发生过载动作，则需按下热继电器复位按钮，方能继续使用。

8）配电柜在使用期间，要经常清除尘埃，并定期检查各电器接触部位是否接触良好，有问题要及时检修。

9）接触器在工作时，如有噪声或延时释放现象，将衔铁极面积尘或油垢擦净后，即能恢复正常。

10）检修配电柜时，要检查接触器触头有无烧毛现象。如触头烧毛，应用细纹锉将触头修光。

2.25　STC控制无触头减压起动电路

STC控制无触头减压起动电路由主电路和控制电路两部分组成。主电路包括电源开关QF、交流接触器KM的主触头、STC控制器、热继电器FR热元件以及三相交流电动机M等。控制电路包括控制按钮SB1、SB2以及热继电器FR的触头、交流接触器KM的线圈和辅助触头等。STC控制无触头减压起动电路如图2-25所示。

无触头减压起动电路也称软起动电路，它是晶闸管调压装置。图2-25中的L1、L2、L3为电源输入端，T1、T2、T3为STC控制器的输出端，它们分别与热继电器的输入端相连，热继电器的输入端再分别与电动机的U、V、W相连。STC控制器无控制端子，它按设定载矩为晶闸管设定初始导通角。电路按初始起动电压和起动时间，由初始值到全电压起动。电动机的可调起动时间范围是0.1～4.5s，调整确定后一般不再变动。

起动时，按下按钮SB2，交流电流经过的路径为U11→FU→SB1→SB2→FR触头→KM线圈→FU→V11，KM线圈得电动作并自锁，其主触头闭合，STC得电，通过STC调压，电动机平滑起动。

停机时，按下按钮SB1，交流接触器KM的线圈失电，其主触头断开STC的工作电源，电动机失电停止工作。

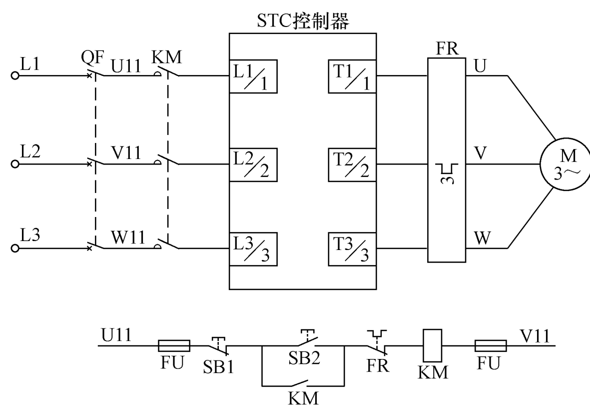


图2-25　STC控制无触头减压起动电路

2.26　SMC无触头减压起动电路

SMC无触头减压起动电路由主电路和控制电路等所组成。主电路包括电源控制开关QF、SMC－1调压器、热继电器FR和三相交流电动机M1等。控制电路包括控制变压器

TC，控制按钮 SB1、SB2，冷却风机 M2，控制器 SMC－2 以及热继电器 FR 的触头等。SMC 无触头减压起动电路如图 2-26 所示。

SMC 控制器采用晶闸管调压，并在设备中自带起停控制器，其电压调节范围是 200～600V，频率为 50Hz，电流为 1～97A。5～97A 的 SMC 控制器可以带软停止接口，它还可以选用一个保护模块，内含压敏电阻，可防止晶闸管受浪涌电压的冲击。这些部件都按接插件与 SMC 控制器组装在一起。SMC 控制器有以下三种起动方式可供选择：软起动、限流起动及全压起动。

SMC 控制器在起动过程中，没有导通部分会产生无用的热量，其下部所带散热片要求垂直安装。68A 及 97A 的控制器应安装风机，风量不小于 $1.64\times10^{-3}m^3/min$。冷却风机可接在端子板的①、④端子上，并且将②、③端子短接。SMC 安装的控制箱，上部应开通百叶窗，其净面积不得小于 $140cm^2$。

合上电源开关 QF，控制变压器得电，其二次侧向 SMC－2 供电，电路进入热备用状态。起动时，按下按钮 SB2，触头（50－60）闭合，冷却风机起动运行。同时，SMC－1 受控，向电动机提供电源，电动机得电平稳起动，并逐步进入额定工况。停机时，按下按钮 SB1，SMC－2 发出停机指令，SMC－1 受控，电子调压器截止，电动机失电停止工作。

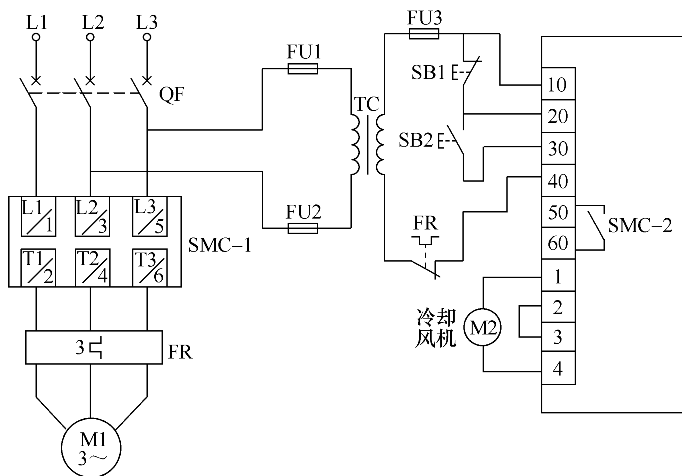


图 2-26　SMC 无触头减压起动电路

2.27　并励直流电动机手动起动控制电路

对于并励直流电动机也可用手动起动，这种电路使用了 Z 型起动变阻器，共有四个接线端 E1、L＋、A1 和 L－，分别与电源、电枢绕组和励磁绕组相连。手轮 8 附有衔铁 9 和恢复弹簧 10，弧形铜条 7 的一端直接与励磁电路接通，同时经过全部起动电阻与电枢绕组接通。在起动之前，起动变阻器的手轮置于 0 位，然后合上电源开关 QF，慢慢转动手轮 8，使手轮从 0 位转到静触头 1，接通励磁绕组电路，同时将变阻器 RP 的全部起动电阻接入电枢电路，电动机开始起动旋转。

随着转速的升高，手轮依次转到静触头 2、3、4 等位置，使起动电阻逐级切除，当手轮

转到最后一个静触头5时，电磁铁6吸住手轮衔铁9，此时起动电阻全部切除，直流电动机起动完毕，进入正常运转。

当电动机停止工作切断电源时，电磁铁6由于线圈断电吸力消失，在恢复弹簧10的作用下，手轮自动返回0位，以备下次起动。电磁铁6还具有失电压和欠电压保护作用。

由于并励电动机的励磁绕组具有很大的电感，所以当手轮回复到0位时，励磁绕组会因突然断电而产生很大的自感电动势，可能会击穿绕组的绝缘，在手轮和铜条间还会产生火花，将动触头烧坏。因此，为了防止发生这些现象，应将弧形铜条7与静触头1相连，在手轮回到0位时励磁绕组、电枢绕组和起动电阻能组成一闭合回路，作为励磁绕组断电时的放电回路，起动时，为了获得较大的起动转矩，应使励磁电路中的外接电阻RP短接，此时励磁电流最大，才能产生较大的起动转矩，图2-27所示为并励直流电动机手动起动控制电路。

对10kW以下的小容量直流电动机有配套的手动起动变阻器。四点式Z型起动变阻器RS有电压为110V和220V两种系列，电压为110V的Z型起动变阻器，可用来起动1～5kW的直流电动机；电压为220V的Z型起动变阻器，可用来起动1～10kW的直流电动机。

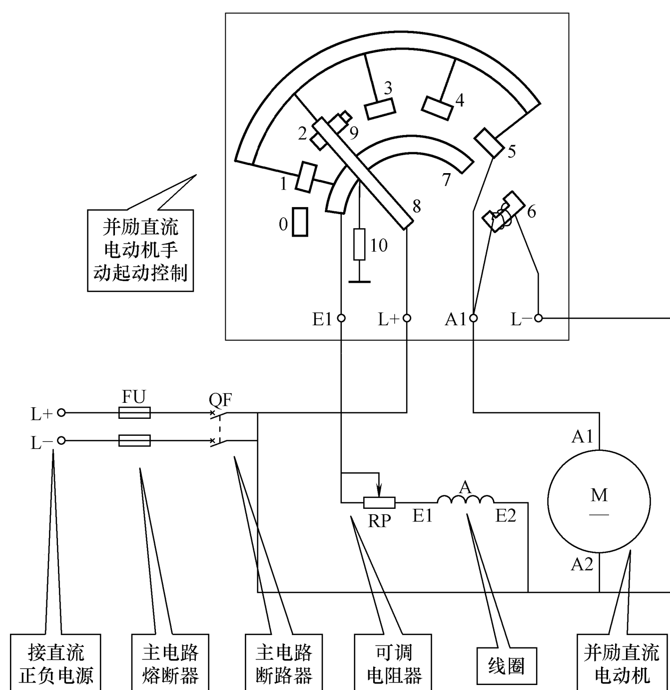


图2-27　并励直流电动机手动起动控制电路

第3章 电动机常用顺序控制电路

3.1 两台电动机开机按顺序从前向后自动完成、而停机不按顺序操作

由于工作的需要，电工在工作中常常遇到按顺序起停电动机的例子，这样来满足生产的特殊需要。下面介绍几例按不同的顺序操作的起停电路。

图 3-1 所示是两台电动机在开机时按顺序从前向后延时起动，而在停机时不按顺序操作电路。

在起动时，按次序开机延时起动，开机时按下起动按钮 SB2，SB2 的一组常开触头闭合，交流接触器 KM1 常开辅助触头闭合自锁，KM1 三相主触头闭合，电动机 M1 先得电运转，同时 KM1 常开辅助触头闭合，为电动机 M2 控制电路工作做准备，KM1 常闭辅助触头断开，KM1 常开辅助触头闭合，电源兼停止指示灯 HL1 灭，电动机 M1 运转指示灯 HL2 亮，说明电动机 M1 已起动完成；在按下起动按钮 SB2 的同时，SB2 的另外一组常开触头闭合，使得电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合且 KT 瞬动常开触头闭合自锁，并开始延时。经得电延时时间继电器 KT 延时一段时间后，KT 得电延时闭合的常开触头闭合，交流接触器 KM2 线圈得电吸合，KM2 常开辅助触头闭合自锁；KM2 三相主触头闭合，电动机 M2 得电运转；KM2 常闭辅助触头断开，切断得电延时时间继电器 KT 线圈回路电源，KT 线圈断电释放，KT 自锁触头断开，KT 得电延时闭合的常开触头恢复常开，为随时切断 KM2 线圈做准备；KM2 常闭辅助触头断开，KM2 常开辅助触头闭合，电动机 M2 运转指示灯 HL3 亮，电动机 M2 起动运转。

在停止电动机运行时，可不按次序任意停机。当按下 SB1 时，交流接触器 KM1 线圈断电释放，KM1 三相主触头断开，电动机 M1 停止运转，KM1 常开辅助触头断开，电动机 M1 运转指示灯 HL2 灭，说明电动机 M1 已停止运转。

也可先按下 SB3，交流接触器 KM2 线圈断电释放，KM2 三相主触头断开，电动机 M2 停止运转，KM2 常开辅助触头断开，电动机 M2 运转指示灯 HL3 灭，电动机 M2 停止运转。

电路中，电源指示灯 HL1 是在有电源而两台电动机都停止运转后才点亮指示。

3.2 防止同时按下两只起动按钮的顺序起动、同时停止电路

在顺序起动、同时停止控制电路中，如要求不能同时按下两只起动按钮 SB2、SB3 出现两台电动机同时起动时，可用防止同时按下两只起动按钮的顺序起动、同时停止电路。

如图 3-2 所示，在主电路中必须先闭合 KM1 后，M2 才会得电，这就是说主电路在顺序

接三相380V交流电源

~380V

L1 L2 L3

QF

三相主电路断路器

FU1

三相主电路熔断器

KM2

主电路接触器主触头

FR

主电路热继电器

M 3~

大功率三相交流电动机

两只控制电路熔断器

FU2

主电路减压起动接触器主触头(五组)(两只接触器并用)

KM1

KM1

TM

自耦减压起动变压器线圈

给三只指示灯降压的大功率电阻

R

电动机减压起动工作时的指示灯

电动机停止运行时的指示灯

电动机工作运行时的指示灯

HL1 HL2 HL3

KM1 KM1 KM2

控制电路减压起动接触器常闭触头

控制电路减压起动接触器常开触头

控制电路停止按钮常闭触头

SB2

控制电路起动按钮常开触头

SB1

控制电路减压起动接触器常开自锁触头

KM1

控制电路通电延时吸合时间继电器常开延时闭合触头

KT

KA

KA

控制电路中间继电器常闭触头

KA

FR

控制电路热继电器常闭触头

KM1

KA

控制电路中间继电器常闭触头

KT

KA

控制电路电动机正常运行的接触器常开辅助触头

KM2 KM1

控制电路减压起动接触器线圈(两只交流接触器线圈并用)

控制电路中间继电器常开触头

控制电路中间继电器常开触头

控制电路中间继电器线圈

控制电路电动机正常运行的接触器线圈

控制电路减压起动接触器常闭触头

控制电路通电延时吸合时间继电器线圈



图 2-17 采用自耦变压器与时间继电器起动控制电路

上已经确定出先起动电动机 M1，后起动电动机 M2。

另外在控制电路中，按钮 SB2 的一组常闭触头串联在电动机 M2 控制交流接触器 KM2 线圈回路中，也就是说即使是误按了电动机 M2 起动按钮 SB3，交流接触器 KM2 吸合且 KM2 常开辅助触头闭合自锁，KM2 三相主触头闭合，由于 KM1 主触头未闭合，电动机 M2 也不会运转，若按下电动机 M1 起动按钮 SB2 时，那么 SB2 的另一组常闭触头首先断开 KM2 线圈回路电源，使 KM2 线圈断电释放，起到使 KM2 复位的作用；在 KM1 动作后，松开 SB2 才能进行 SB3 的操作。这样最终都是电动机 M1 先起动后方可起动电动机 M2。即使同时按下 SB2、SB3，由于 SB2 常闭触头也切断了 KM2 线圈回路，结果也是先起动 M1，再起动 M2 电动机。

需停止时，按下停止按钮 SB1，交流接触器 KM1、KM2 线圈同时断电释放，KM1、KM2 各自的三相主触头均断开，电动机 M1、M2 同时失电停止运转。

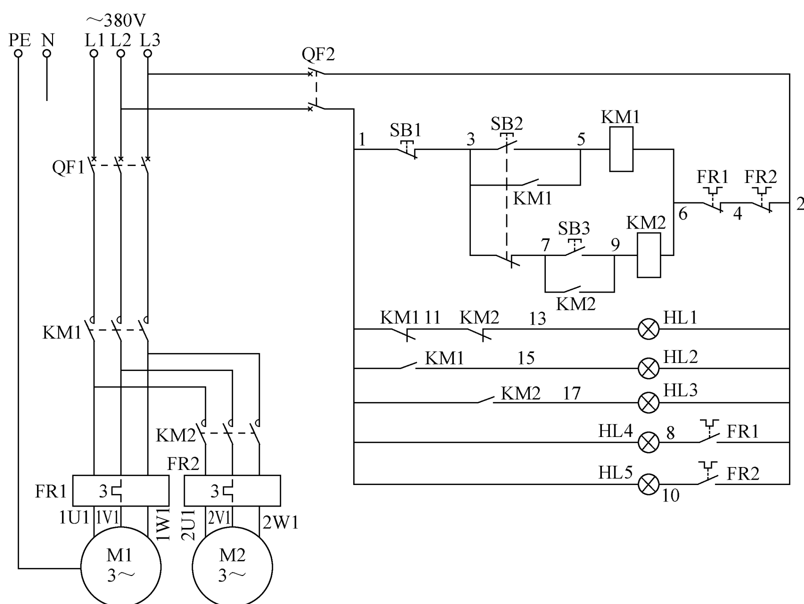


图 3-2　防止同时按下两只起动按钮的顺序起动、同时停止电路

3.3　四台电动机顺序起动、逆序停止控制电路

在特殊工作场合，有时要求四台电动机顺序起动、逆序停止控制，这时可按图 3-3 所示连接，在需从前向后顺序起动时，首先按下按钮 SB2，交流接触器 KM1 线圈得电吸合且 KM1 常开辅助触头闭合自锁，KM1 三相主触头闭合，电动机 M1 起动运转；同时 KM1 串联在 KM2 线圈回路中的常开辅助触头闭合，为 KM2 线圈工作做准备。再按下按钮 SB4，交流接触器 KM2 线圈得电吸合且 KM2 常开辅助触头闭合自锁，KM2 三相主触头闭合，电动机 M2 顺序起动运转；同时 KM2 串联在 KM3 线圈回路中的常开辅助触头闭合，为 KM3 线圈工作做准备；KM2 的另一组常开辅助触头闭合，短接电动机 M1 停止按钮 SB1，使其不能进行电动机 M1 的停止操作。

再按下起动按钮 SB6，交流接触器 KM3 线圈得电吸合且 KM3 常开辅助触头闭合自锁，KM3 三相主触头闭合，电动机 M3 顺序起动运转；同时 KM3 串联在 KM4 线圈回路中的常开辅助触头闭合，为 KM3 线圈工作做准备；KM3 的另一组常开辅助触头闭合，短接电动机 M2 停止按钮 SB3，使其不能进行电动机 M2 的停止操作。

最后按下起动按钮 SB8，交流接触器 KM4 线圈得电吸合且 KM4 常开辅助触头闭合自锁，KM4 三相主触头闭合，电动机 M4 顺序起动运转；同时 KM4 常开辅助触头闭合，短接电动机 M3 停止按钮 SB5，使其不能进行电动机 M3 的停止操作。这时，四台电动机按 M1、M2、M3、M4 的先后顺序逐个起动完成。

在停止电动机运行时，需从后向前逆序停止，这时可先按下停止按钮 SB7，交流接触器 KM4 线圈断电释放，其三相主触头断开，电动机 M4 停止运转而先退出运转；同时 KM4 并联在电动机 M3 停止按钮 SB5 上的常开辅助触头断开，为逆序停止电动机 M3 做准备。然后再按下停止按钮 SB5，交流接触器 KM3 线圈断电释放，其三相主触头断开，电动机 M3 停止运转而逆序退出运转；同时 KM3 并联在电动机 M2 停止按钮 SB3 上的常开辅助触头断开，为逆序停止电动机 M2 做准备。

再按下停止按钮 SB3，交流接触器 KM2 线圈断电释放，其三相主触头断开，电动机 M2 停止运转而逆序退出运转；同时 KM2 并联在电动机 M1 停止按钮 SB1 上的常开辅助触头断开，为逆序停止电动机 M1 做准备。

最后按下电动机 M1 停止按钮 SB1，交流接触器 KM1 线圈断电释放，其三相主触头断开，电动机 M1 停止运转而逆序退出运转，此时四台电动机按逆序 M4、M3、M2、M1 逐个进行停止完成。

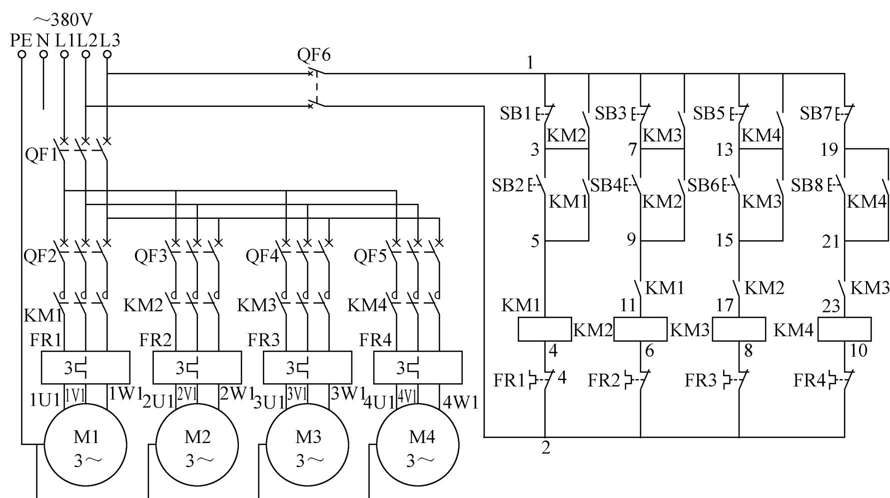


图 3-3　四台电动机顺序起动、逆序停止控制电路

3.4　顺序自动控制电路

电工在工作中，需起动主机如大型整流子电动机时，就需先起动风机散热，这些设备要

求在起动时先起动辅机再起动主机，在停机时应先停止主机再停止辅机。

图 3-4 所示为顺序自动控制电路。

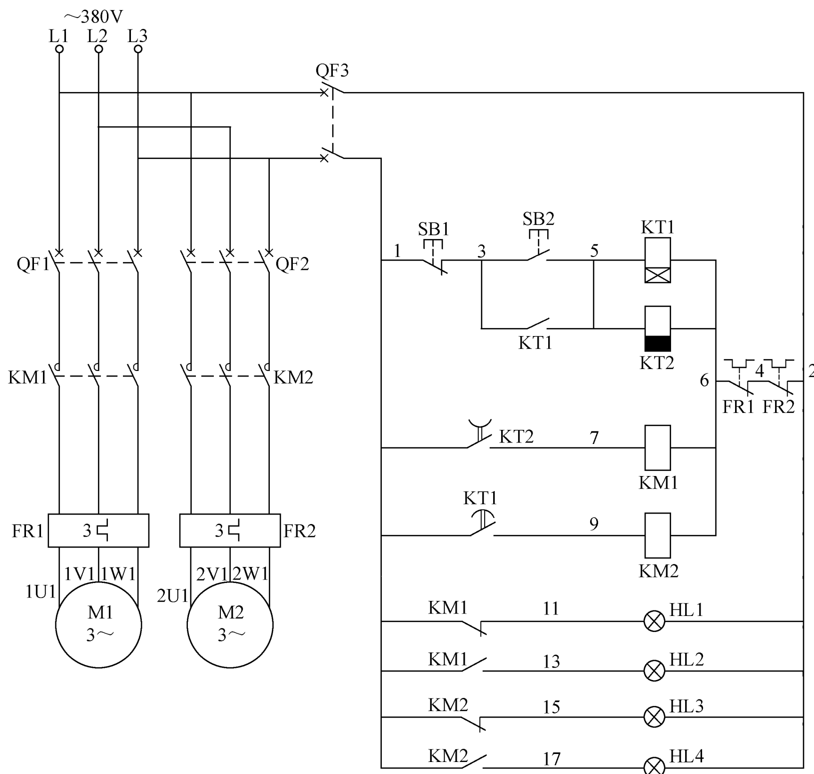


图 3-4 顺序自动控制电路

起动时按下起动按钮 SB2，得电延时时间继电器 KT1 和失电延时时间继电器 KT2 线圈同时得电吸合，KT1 瞬动常开触头闭合自锁且 KT1 开始延时。此时，KT2 失电延时断开的常开触头闭合，接通交流接触器 KM1 线圈回路电源，交流接触器 KM1 线圈得电吸合动作，KM1 三相主触头闭合，辅机电动机 M1 得电运转工作；经得电延时时间继电器 KT1 延时后，KT1 得电延时闭合的常开触头闭合，将交流接触器 KM2 线圈回路电源接通，KM2 三相主触头闭合，主机电动机 M2 得电运转工作，从而完成起动时先起动辅机电动机 M1 再延时自动起动主机电动机 M2。

如需停止电动机运行时，按下停止按钮 SB1，得电延时时间继电器 KT1、失电延时时间继电器 KT2 线圈均同时断电释放且 KT2 开始延时，KT1 得电延时闭合的常开触头立即断开，切断交流接触器 KM2 线圈回路电源，KM2 线圈断电释放，KM2 三相主触头断开，主机电动机 M2 失电停止运转，经失电延时时间继电器 KT2 延时后，KT2 失电延时断开的常开触头恢复常开，KM1 线圈断电释放，KM1 三相主触头断开，辅机电动机 M1 失电停止运转，从而达到停车时先停止主机电动机再延时自动停止辅助电动机的操作。

3.5 一种两台电动机联锁控制电路

电工在有特殊操作要求的场合，也必须设计出有特殊要求的控制电路，来满足生产的需要，这里再介绍一种两台电动机联锁控制电路。它要求起动时，先起动电动机 M1，再起动电动机 M2，停止时则无要求。

图 3-5 所示是一种两台电动机联锁控制电路，起动时，先按下起动按钮 SB2，交流接触器 KM1 线圈得电吸合且 KM1 常开辅助触头闭合自锁，KM1 三相主触头闭合，电动机 M1 得电起动运转，同时交流接触器 KM1 串联在 KM2 线圈回路中的常开辅助触头闭合，为 KM2 线圈工作做准备，再按下起动按钮 SB4，此时交流接触器 KM2 线圈也吸合且 KM2 常开辅助触头闭合自锁，KM2 三相主触头闭合，电动机 M2 得电起动运转。

操作中需停止电动机运行如按顺序停止时，可先按下 SB3，断开交流接触器 KM2，使电动机 M2 先停止；再按下 SB1，断开交流接触器 KM1，从而停止电动机 M1。

另外也可同时停止电动机运行。同时停止时直接按下 SB1，交流接触器 KM1、KM2 线圈同时断电释放，其各自的三相主触头均断开，两台电动机 M1、M2 同时停止工作。

3.6 三台电动机手动任意起动，停止时必须从前向后顺序停止控制电路

图 3-6 所示是三台电动机手动任意起动，停止时必须从前向后顺序停止控制电路，这种电路特点是起动时可以不分先后顺序任意起动某一台，而停止时必须按顺序从前向后逐台手动停止。

当需要起动电动机时，可按下起动按钮 SB2，交流接触器 KM1 线圈得电吸合，KM1 常开辅助触头闭合自锁，KM1 三相主触头闭合，电动机 M1 得电而起动运转。

当按下起动按钮 SB4，交流接触器 KM2 线圈得电吸合，KM2 常开辅助触头闭合自锁，KM2 三相主触头闭合，电动机 M2 得电而起动运转。

当按下起动按钮 SB6，交流接触器 KM3 线圈得电吸合，KM3 常开辅助触头闭合自锁，KM3 三相主触头闭合，电动机 M3 得电而起动运转。

总之在起动电动机时，可任意不分先后起动。

但当停止电动机运行时，应按设定好顺序停车。当三台电动机全部起动后，如需停止，则必须从前向后按顺序进行，否则无法操作。为什么呢？因为第二台电动机 M2 的停止按钮 SB3 上并联了第一台电动机 M1 控制用交流接触器 KM1 的常开辅助触头，若 KM1 常开辅助触头已处于闭合状态，则停止按钮 SB3 被短接，无法断开其控制电路。所以，必须先断开第一台电动机 M1，使 KM1 常开辅助触头断开，才能按下 SB3 来停止电动机 M2 。而第三台电动机 M3 的停止按钮 SB5 上并联了第二台电动机 M2 控制用交流接触器 KM2 的常开辅助触头，若 KM2 常开辅助触头已处于闭合状态，则停止按钮 SB5 也被短接，无法断开其控制电路。所以，必须先断开第二台电动机 M2，使 KM2 常开辅助触头断开，才能按下 SB5 来停止电动机 M3。

当三台电动机 M3 起动完毕后，若需停止，则先按下第一台电动机 M1 停止按钮 SB1，



图 3-5 一种两台电动机联锁控制电路

交流接触器 KM1 线圈断电释放，KM1 三相主触头断开，电动机 M1 失电而停止运转；并联在第二台电动机 M2 停止按钮 SB3 两端的 KM1 常开辅助触头断开，为停止第二台电动机 M2 时操作 SB3 做准备。与此同时，指示灯 HL2 灭、HL1 亮，说明第一台电动机 M1 停止运转了。

当第一台电动机 M1 停止运转后，按下第二台电动机 M2 停止按钮 SB3，交流接触器 KM2 线圈断电释放，KM2 三相主触头断开，电动机 M2 失电而停止运转；并联在第三台电动机 M3 停止按钮 SB5 两端的 KM2 常开辅助触头断开，为停止第三台电动机 M3 时操作 SB5 做准备。与此同时，指示灯 HL4 灭、HL3 亮，说明第二台电动机 M2 也停止运转了。

当第二台电动机 M2 停止运转后，按下第三台电动机 M3 停止按钮 SB5，交流接触器 KM3 线圈断电释放，KM3 三相主触头断开，电动机 M3 失电而停止运转。同时，指示灯 HL6 灭，HL5 亮，说明第三台电动机 M3 也停止运转了。

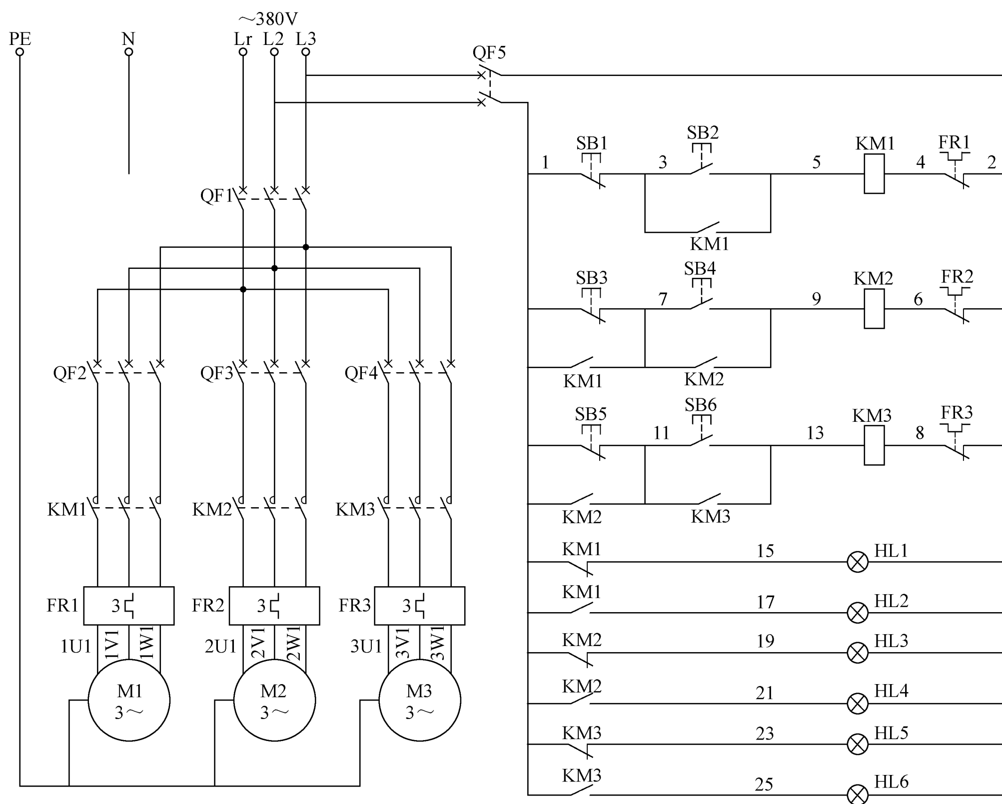


图 3-6　三台电动机手动任意起动，停止时必须从前向后顺序停止控制电路

3.7　六台电动机手动逐台起动控制电路

由于电工工作的需要，也有时需设计出多台电动机手动逐台起动控制电路，以满足不同工作场合起动电动机的要求。图 3-7 所示是一个六台电动机手动逐台起动控制电路。

当起动时先按下第一台电动机 M1 起动按钮 SB2，交流接触器 KM1 线圈得电吸合，KM1 常开辅助触头闭合自锁，KM1 三相主触头闭合，第一台电动机 M1 起动运转。在 KM1 线圈

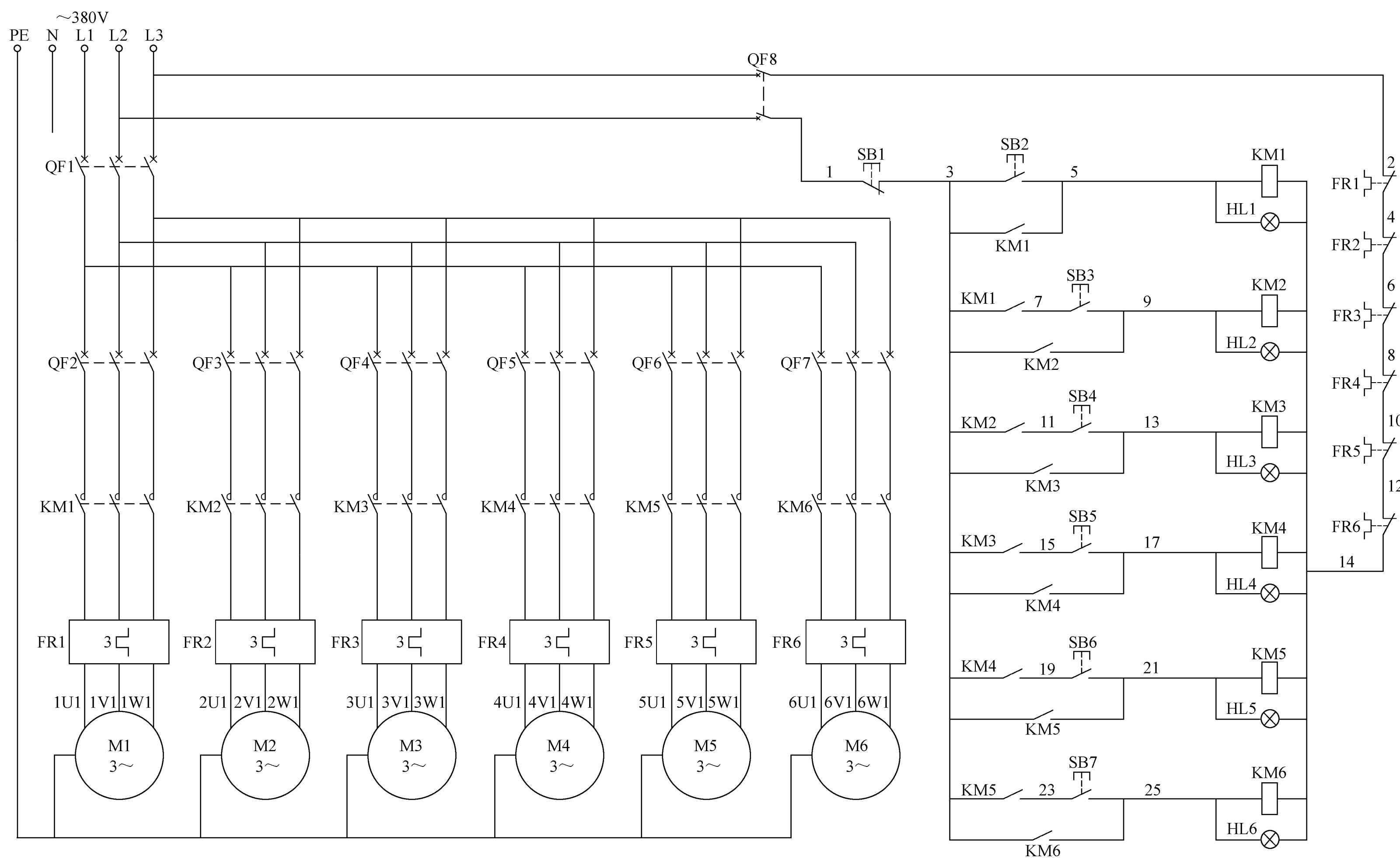


图 3-7　六台电动机手动逐台起动控制电路

得电吸合的同时，指示灯 HL1 点亮，说明第一台电动机 M1 起动运转了；串联在第二台电动机 M2 起动回路中的 KM1 常开辅助触头闭合，为第二台电动机 M2 起动做准备。

按下第二台电动机 M2 起动按钮 SB3，交流接触器 KM2 线圈得电吸合，KM2 常开辅助触头闭合自锁，KM2 三相主触头闭合，第二台电动机 M2 起动运转。在 KM2 线圈得电吸合的同时，指示灯 HL2 点亮，说明第二台电动机 M2 起动运转了；串联在第三台电动机 M3 起动回路中的 KM2 常开辅助触头闭合，为第三台电动机 M3 起动做准备。

按下第三台电动机 M3 起动按钮 SB4，交流接触器 KM3 线圈得电吸合，KM3 常开辅助触头闭合自锁，KM3 三相主触头闭合，第三台电动机 M3 起动运转。在 KM3 线圈得电吸合的同时，指示灯 HL3 点亮，说明第三台电动机 M3 起动运转了；串联在第四台电动机 M4 起动回路中的 KM3 常开辅助触头闭合，为第四台电动机 M4 起动做准备。

按下第四台电动机 M4 起动按钮 SB5，交流接触器 KM4 线圈得电吸合，KM4 常开辅助触头闭合自锁，KM4 三相主触头闭合，第四台电动机 M4 起动运转。在 KM4 线圈得电吸合的同时，指示灯 HL4 点亮，说明第四台电动机 M4 起动运转了；串联在第五台电动机 M5 起动回路中的 KM4 常开辅助触头闭合，为第五台电动机 M5 起动做准备。

按下第五台电动机 M5 起动按钮 SB6，交流接触器 KM5 线圈得电吸合，KM5 常开辅助触头闭合自锁，KM5 三相主触头闭合，第五台电动机 M5 起动运转。在 KM5 线圈得电的同时，指示灯 HL5 点亮，说明第五台电动机 M5 起动运转了；串联在第六台电动机 M6 起动回路中的 KM5 常开辅助触头闭合，为第六台电动机 M6 起动做准备。

按下第六台电动机 M6 起动按钮 SB7，交流接触器 KM6 线圈得电吸合，KM6 常开辅助触头闭合自锁，KM6 三相主触头闭合，第六台电动机 M6 起动运转。在 KM6 线圈得电吸合的同时，指示灯 HL6 点亮，说明第六台电动机 M6 也起动运转了，这时六台电动机均分别手动按顺序起动过程结束。

按下停止按钮 SB1，其常闭触头切断整个控制电路电源，从而使交流接触器 KM1、KM2、KM3、KM4、KM5、KM6 线圈均同时断电释放，其各自的三相主触头断开，电动机 M1、M2、M3、M4、M5、M6 失电停止运转。

过载保护热继电器 FR1、FR2、FR3、FR4、FR5、FR6 常闭触头全部串联，任意一台电动机出现过载后，都会切除整个控制电路电源，使六台电动机全部停止运转。

第 4 章 电动机常用制动控制电路

4.1 电磁抱闸制动控制电路

在实际工作中，常常需要一些特殊场合应用的电动机在断电后立即停止转动，机械制动是利用机械装置使电动机在切断电源后迅速停转。目前，应用比较普遍的机械制动设备是电磁抱闸。电磁抱闸主要由两部分组成，即制动电磁铁和闸瓦制动器。

电磁抱闸制动控制电路如图 4-1 所示，按下按钮 SB2，接触器 KM 线圈获电动作，电动机通电。电磁抱闸的线圈 YB 也通电，铁心吸引衔铁而闭合，同时衔铁克服弹簧拉力，迫使制动杠杆向上移动，从而使制动器的闸瓦与闸轮松开，电动机正常运转。按下停止按钮 SB1 之后，接触器 KM 线圈断电释放，电动机的电源被切断，电磁抱闸的线圈也同时断电，衔铁释放，在弹簧拉力的作用下使闸瓦紧紧抱住闸轮，电动机就迅速被制动停转。

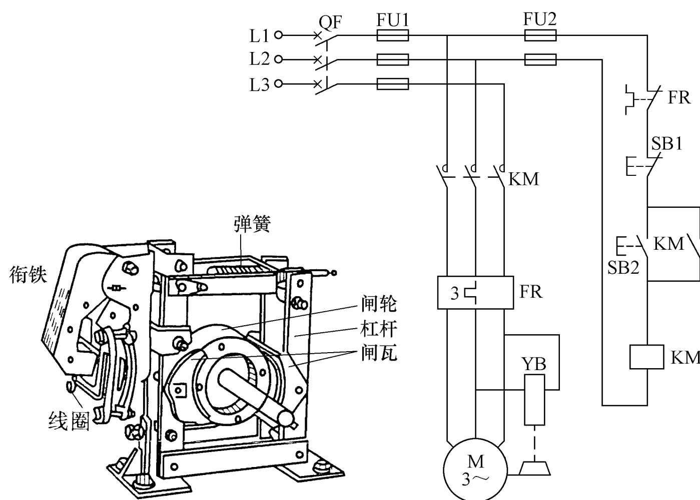


图 4-1　电磁抱闸制动控制电路

这种制动在起重机械上以及要求制动较严格的设备上被广泛采用。当重物吊到一定高处，电路突然发生故障断电时，电动机断电，电磁抱闸线圈也断电，闸瓦立即抱住闸轮，使电动机迅速制动停转，从而可防止重物掉下。另外，也可利用这一点将重物停留在空中某个位置上。

4.2 改进的电磁抱闸制动电路

改进的电磁抱闸制动电路如图4-2所示，该电路能避免电动机在起动前瞬间存在的异步电动机的短路运行工作状态，即当按起动按钮SB2后，接触器KM1线圈获电动作，电磁制动器线圈YB获电，闸瓦先松开闸轮，然后接触器KM2线圈获电动作，电动机M才获电起动运转。

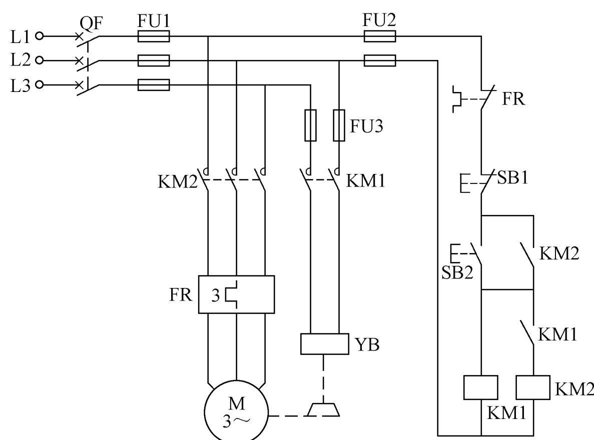


图4-2　改进的电磁抱闸制动电路

4.3 单向运转反接制动控制电路

反接制动的优点是设备简单，调整方便，制动迅速，价格低。缺点是制动冲击大，制动能量损耗大，不宜频繁制动，且制动准确度不高，因此仅适用于制动要求迅速、系统惯性较大、制动不频繁的场合。

图4-3所示是单向反接制动控制电路。起动时，合上电源开关QF，按下起动按钮SB2，

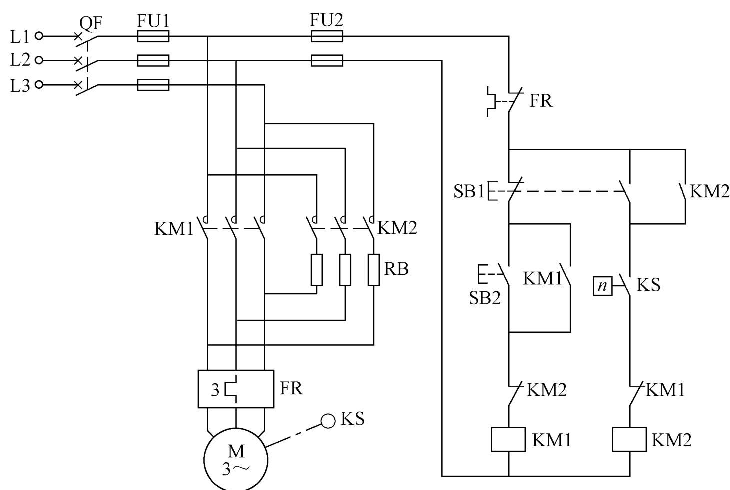


图4-3　单向反接制动控制电路

接触器KM1线圈获电，KM1主触头闭合，电动机M起动运转。当电动机转速升高到一定数值时，速度继电器KS的常开触头闭合，为反接制动做准备。

停止运行时，按停止按钮SB1，接触器KM1线圈断电释放，而接触器KM2线圈获电，KM2主触头闭合，串入电阻器RB进行反接制动，电动机产生一个反向电磁转矩，即制动转矩，迫使电动机转速迅速下降；当转速降至100r/min以下时，速度继电器KS的常开触头断开，接触器KM2线圈断电释放，电动机断电，防止了反向起动。

由于反接制动时转子与定子旋转磁场的相对速度接近于两倍的同步转速，所以定子绕组中流过的反接制动电流相当于全压直接起动时电流的两倍。为此，一般功率在4.5kW以上的电动机采用反接制动时，应在主电路中串接一限流电阻器，以限制反接制动电流。这个电阻器称为反接制动电阻器，用RB表示。

4.4 双向运转反接制动控制电路

图4-4所示是速度继电器控制的双向运转反接制动控制电路。合上电源开关QF，正转起动时，按下起动按钮SB2，接触器KM1得电吸合并自锁，其主触头闭合，电动机M正转起动。当电动机转速高于120r/min时，速度继电器的常开触头KS2闭合，为反接制动做准备。同时KM1的常开触头闭合，为中间继电器KA得电做准备。

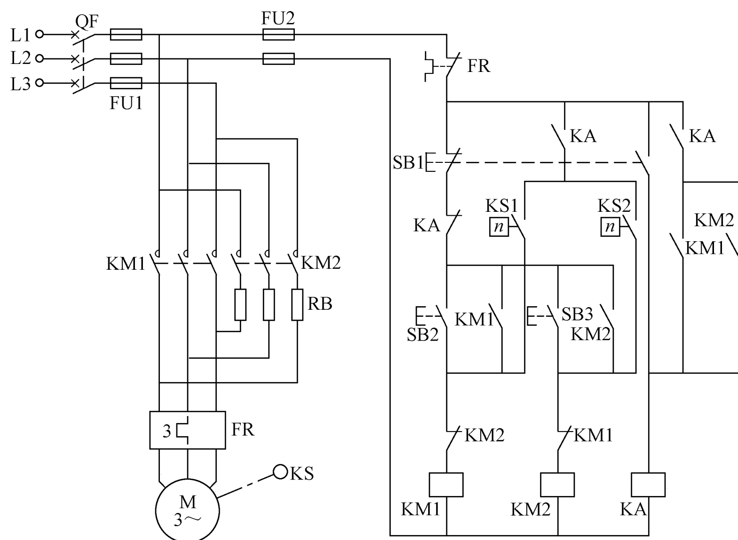


图4-4 双向运转反接制动控制电路

要正向运行停止并进行反接制动时，可按下复合停止按钮SB1，其常闭触头首先断开，使接触器KM1失电释放，电动机M失电作惯性运转；同时其常开触头闭合，使中间继电器KA得电吸合并自锁，KA的常开触头闭合，使接触器KM2通过触头KS2得电吸合，KM2主触头闭合，电动机M串入电阻器RB进行反接制动。当电动机转速低于100r/min时，速度继电器的常开触头KS2断开，接触器KM2失电释放，其主触头断开，正向运行停止，制动结束。这时，KM2的辅助触头复位断开，使KA失电释放。与SB1串接的KA的常闭触头的作用是反接制动时，断开反向起动的自锁回路，防止反接制动后电动机反向起动。

反向运行及反接制动控制的工作原理与正向运行的起动、反接制动工作原理相同。

4.5 单向运转半波整流能耗制动电路

能耗制动是指在电动机切断三相电源后，在定子绕组中加入一个直流电源，使定子绕组产生一个静止磁场，此时转子由于惯性继续旋转，转动的转子在静止磁场中切割磁力线，产生一个与惯性转动方向相反的电磁转矩，使电动机迅速制动停转。

单向运转半波整流能耗制动电路如图 4-5 所示，该电路适用于功率在 10kW 以下且对制动要求不高的场合。

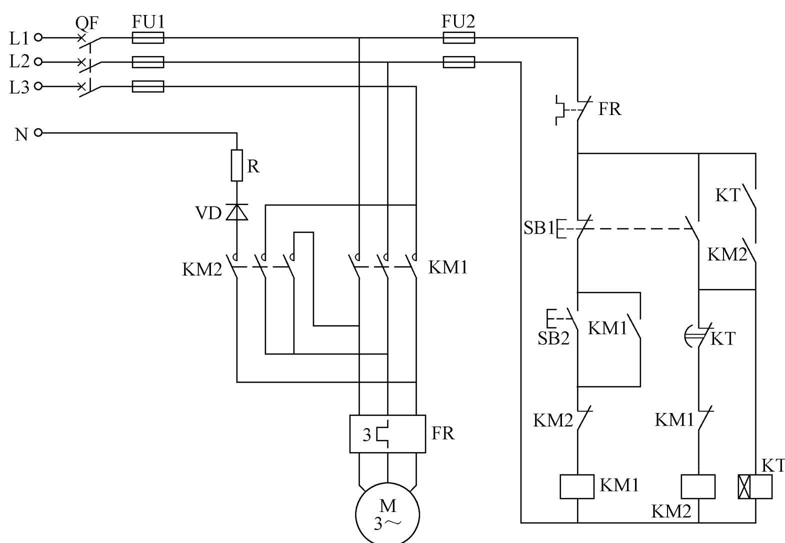


图 4-5 单向运转半波整流能耗制动电路

起动时合上电源开关 QF，按下起动按钮 SB2，接触器 KM1 得电吸合并自锁，其主触头闭合，电动机起动运转。

停止制动时，按下停止按钮 SB1，接触器 KM1 失电释放，其主触头断开，电动机 M 断电作惯性运转，同时接触器 KM2 和时间继电器 KT 得电吸合，KM2 主触头闭合，电动机进行半波整流能耗制动。能耗制动结束后，KT 常闭触头延时断开，使接触器 KM2 失电释放，其主触头断开半波整流脉动直流电源。

图中，时间继电器 KT 瞬时闭合的常开触头的作用是，当出现 KT 线圈断线或机械卡阻故障时，电动机在按下停止按钮 SB1 后能迅速制动，同时避免三相定子绕组长期通入半波整流的脉动直流电源。

4.6 单向运转全波整流能耗制动电路

单向运转全波整流能耗制动电路如图 4-6 所示。当按下起动按钮 SB2 时，接触器 KM1 获电吸合并自锁，其主触头闭合，电动机起动运行。



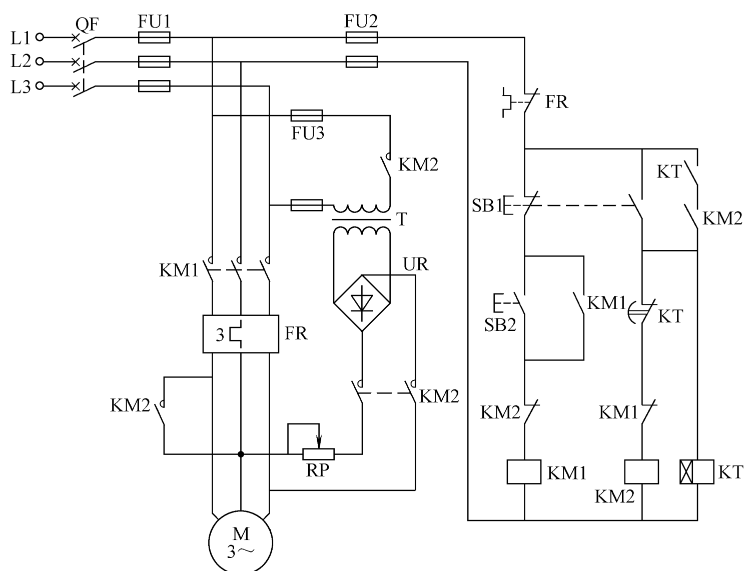


图 4-6　单向运转全波整流能耗制动电路

停止运行时，按下停止按钮 SB1，接触器 KM1 失电释放，其主触头断开，电动机断电作惯性运转，同时 KM1 常闭触头闭合，接触器 KM2 获电吸合，KM2 主触头和常开触头闭合，电动机绕组通入全波整流直流电进行制动。KM2 线圈获电的同时，时间继电器 KT 也获电动作，其常开触头闭合，使 KM2 和 KT 线圈吸合并自锁，时间继电器 KT 延时断开触头延时动作。经过一定时间后，时间继电器延时分断触头断开，使接触器 KM2 失电释放，切断直流电源，制动结束。

4.7　双向运转全波整流能耗制动电路

图 4-7 所示是由速度继电器控制的双向运转全波整流能耗制动电路，合上电源开关 QF，

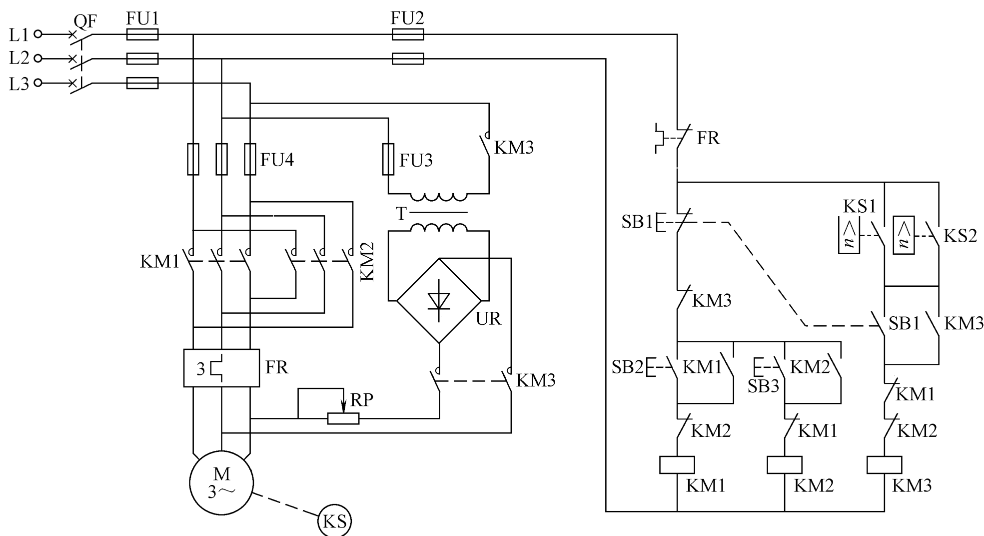


图 4-7　双向运转全波整流能耗制动电路

根据需要，按下正转或反转起动按钮 SB2 或 SB3，相应的接触器 KM1 或 KM2 得电吸合并自锁，电动机正常运行。此时，速度继电器 KS 相应触头 KS1 或 KS2 闭合，为停止运行时接通 KM3 实现能耗制动做准备。

停止运行时，按下复合停止按钮 SB1，其常闭触头断开，使接触器 KM1 或 KM2 失电释放，电动机定子绕组脱离三相交流电源，同时其常开触头闭合，使接触器 KM3 得电吸合并自锁，电动机定子绕组接入直流电源进行能耗制动。电动机转速迅速下降，当转速小于 100r/min 时，速度继电器的触头 KS1 或 KS2 断开，此时接触器 KM3 失电释放，能耗制动结束。

第 5 章 电动机常用调速控制电路

5.1 JD1A 型电磁调速控制器电路

一般交流三相异步电动机在工矿企业应用较多，但对于要经常调整速度，或从低速到高速运行经常需要变换的工作场合那就需要调速电动机来完成了，一般在要求速度不是太精密也不要求数台电动机同步运行时，大都采用电磁调速电动机，而电磁调速电动机是采用转差离合器和一般异步电动机结合，在规定的调速范围内，能实现均匀连续无级调速，这种电动机具有调速方便、配电设备简单可靠等优点，故此被广泛应用于工业生产中。下面介绍一种常用调速配电设备，供安装、维修电工人员参考。

常用的 JD1A 型电磁调速控制器由速度调节器、移相触发器、晶闸管整流电路及速度负反馈等环节所组成。

图 5-1a 所示为 JD1A 型电磁调速控制器与电磁调速电动机连接外形。图 5-1b 所示为 JD1A 型电磁调速控制器电路。从图中可知，速度指令信号电压和速度负反馈信号电压比较后，其差值信号被送入速度调节器进行放大，放大后的信号电压与锯齿波相叠加，控制了晶体管的导通时间，产生了随着差值信号电压改变而移动的脉冲，从而控制了晶闸管的导通角，使转差离合器的励磁电流得到了控制，即转差离合器的转速随着励磁电流的改变而改变。由于速度负反馈的作用，转差电动机实现了恒转矩无级调速。

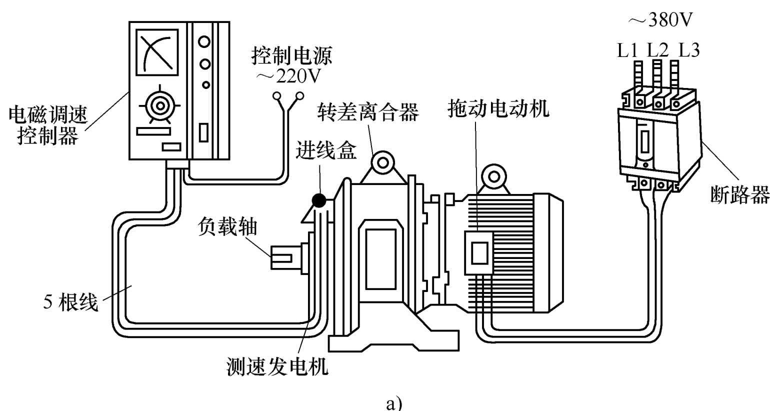
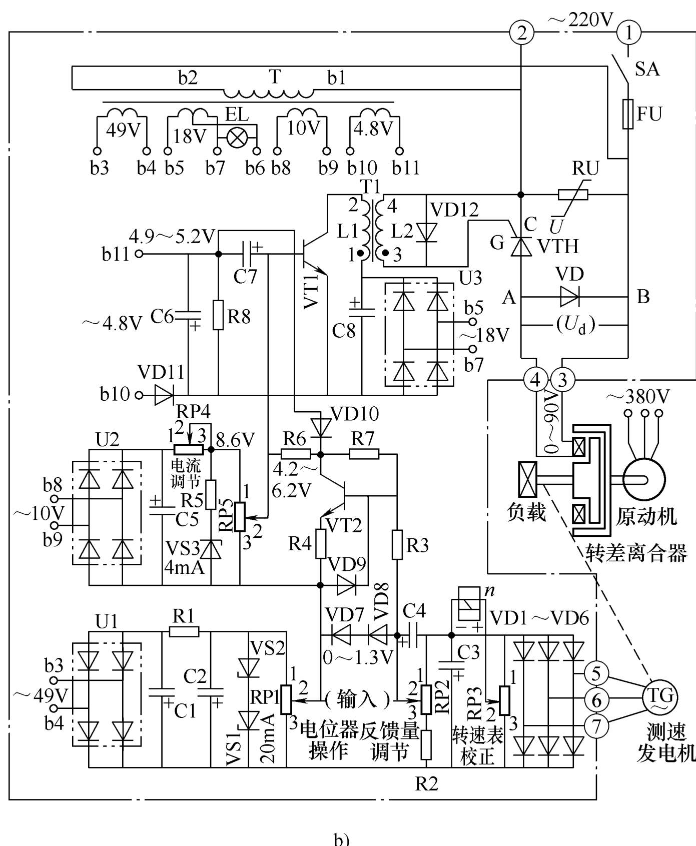


图 5-1　JD1A 型电磁调速控制器与电磁调速电动机的连接外形及电路图



b)

图 5-1　JD1A 型电磁调速控制器与电磁调速电动机的连接外形及电路图（续）

5.2　JZT 型电磁调速控制器电路

JZT 型电磁调速控制器在机械传动控制中应用很普遍，它与电动机采用转差离合器和一般异步电动机结合，在规定的调速范围内，能实现均匀连续无级调速。

1. 工作原理

调速是通过离合器来实现的。在励磁线圈未通电时，电枢虽然在转动，但输出轴不可能跟随电枢转动。当励磁线圈通过电流时，由于电磁作用电枢被磁极所吸引，磁极转子跟随电枢而旋转。改变励磁线圈电流，便可改变磁极转子跟随电枢转速的差距。此电磁调速控制器电路，就是利用晶闸管输出电流的大小改变励磁线圈电流来实现调速的。

电磁调速控制器电路由晶闸管主电路、给定电路、触发电路、测速负反馈电路组成，如图 5-2 所示。

主电路采用晶闸管半波整流电路。由于励磁线圈是一个感性负载，为了使电流连续通过励磁线圈，在励磁线圈前并联了续流二极管。熔断器 FU 用来对整个电路进行短路保护；用压敏电阻 RV 进行交流电压侧浪涌电压保护；用阻容吸收回路 C1、R1 进行元件侧过电压保

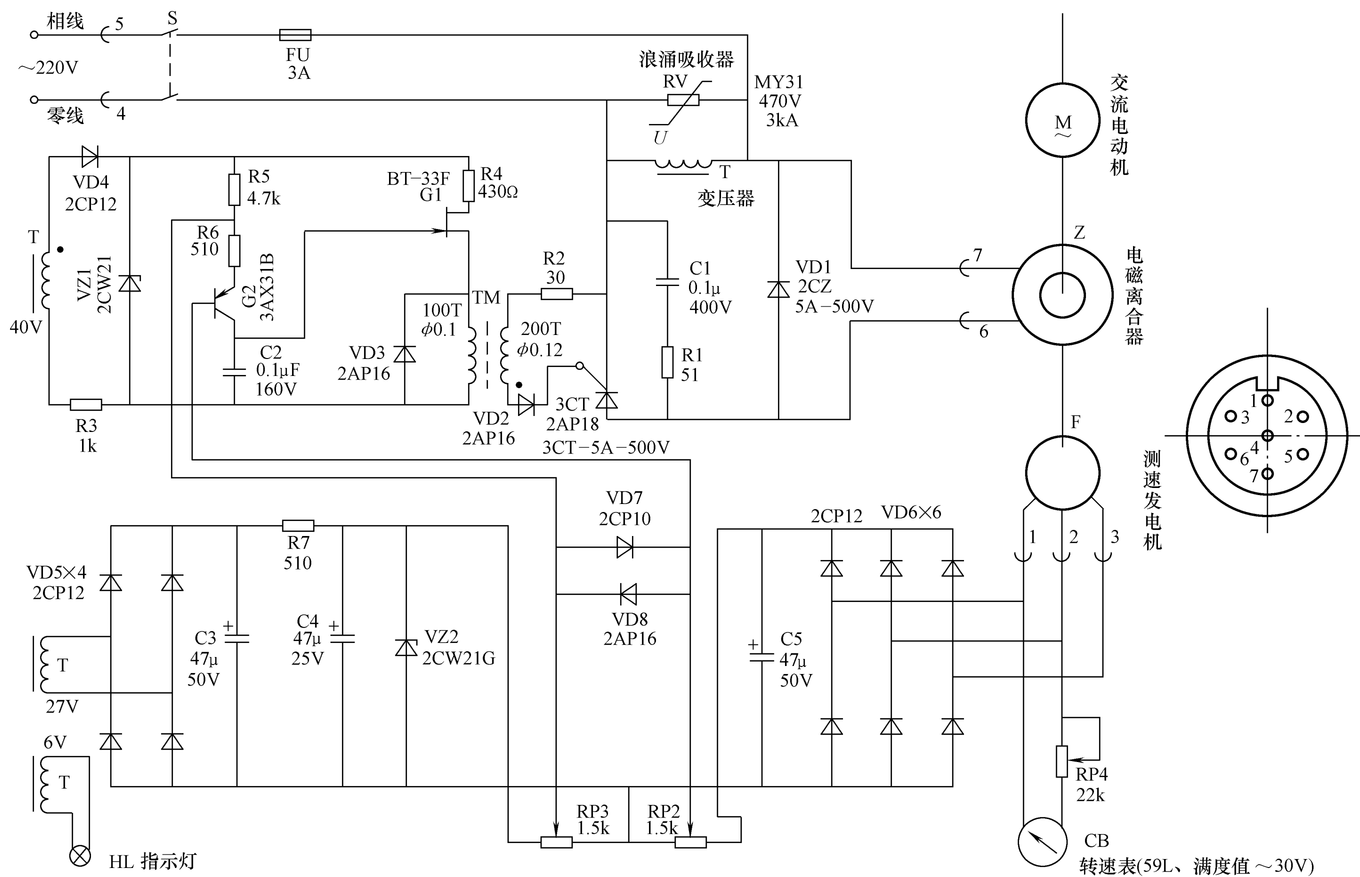


图 5-2　JZT 型电磁调速控制器电路

护；给定电路是由27V交流电压经二极管整流、滤波、稳压加到给定电位器RP3两端。测速负反馈电路是由测速发电机三极电压经二极管整流、滤波加到反馈电位器RP2两端，此直流电压随调速电动机的转速变化而成线性变化，作为速度反馈信号。它的极性与给定信号电压相反，它增大则使两信号比较后的输出信号电压减小。触发电路由单结晶体管BT-33F组成。当C2充电电压达到一定值时，单结晶体管e－b1间的电阻突然变小，C2就通过e－b1放电，形成脉冲电流。C2放电后，e－b1间又成高电阻态，这时脉冲变压器TM一次侧有脉冲电流流过，二次侧则得到相应系列脉冲电压，使晶闸管触发导通。但由于给定电压和测速负反馈电压进行比较后的控制信号加在单结晶体管G1上，所以单结晶体管G1的内阻将随控制信号改变。而内阻的改变又导致C2充放电电流大小的改变，使电容C2充放电时间随之改变。这样单结晶体管产生的触发脉冲能根据控制信号进行自动移相，从而改变晶闸管的导通角来实现控制电动机转速的目的。

2. 注意事项

在使用此控制器进行调速时，应使电动机的负载端带上大于10%的负载，否则会失控。另外在工作后切断电动机380V电源时，也应同时断开控制器的电源。

3. 调试说明

此控制器最大直流输出电压大于80V，最大输出电流为5A，控制电动机的功率为0.6～30kW。在调试中，如发现转速有周期性振荡问题可将励磁线圈两根接线（6、7）调换一下。调RP3于任意一个位置，用机械转速表查是否与调速器中转速表指示一致。不一致时可调RP4。顺时针方向调RP3旋钮达最大输出，调反馈电位器RP2使转速限制在1230r/min左右为宜。这样调整后，使操作调速旋钮在“0”位时，负载停转，在顺时针调到最大位置时，负载转速不超过1230r/min，即可使用。电路及接线方法如图5-2所示。

5.3 JD1B、JD1C型电磁调速控制器电路

JD1B、JD1C型电磁调速控制器的接线非常方便，所有输入/输出线都通过面板下方的七芯航空插座进行连接，插座各芯与相应各线的连接如图5-3所示。

1. JD1B、JD1C型电磁调速控制器的试运行

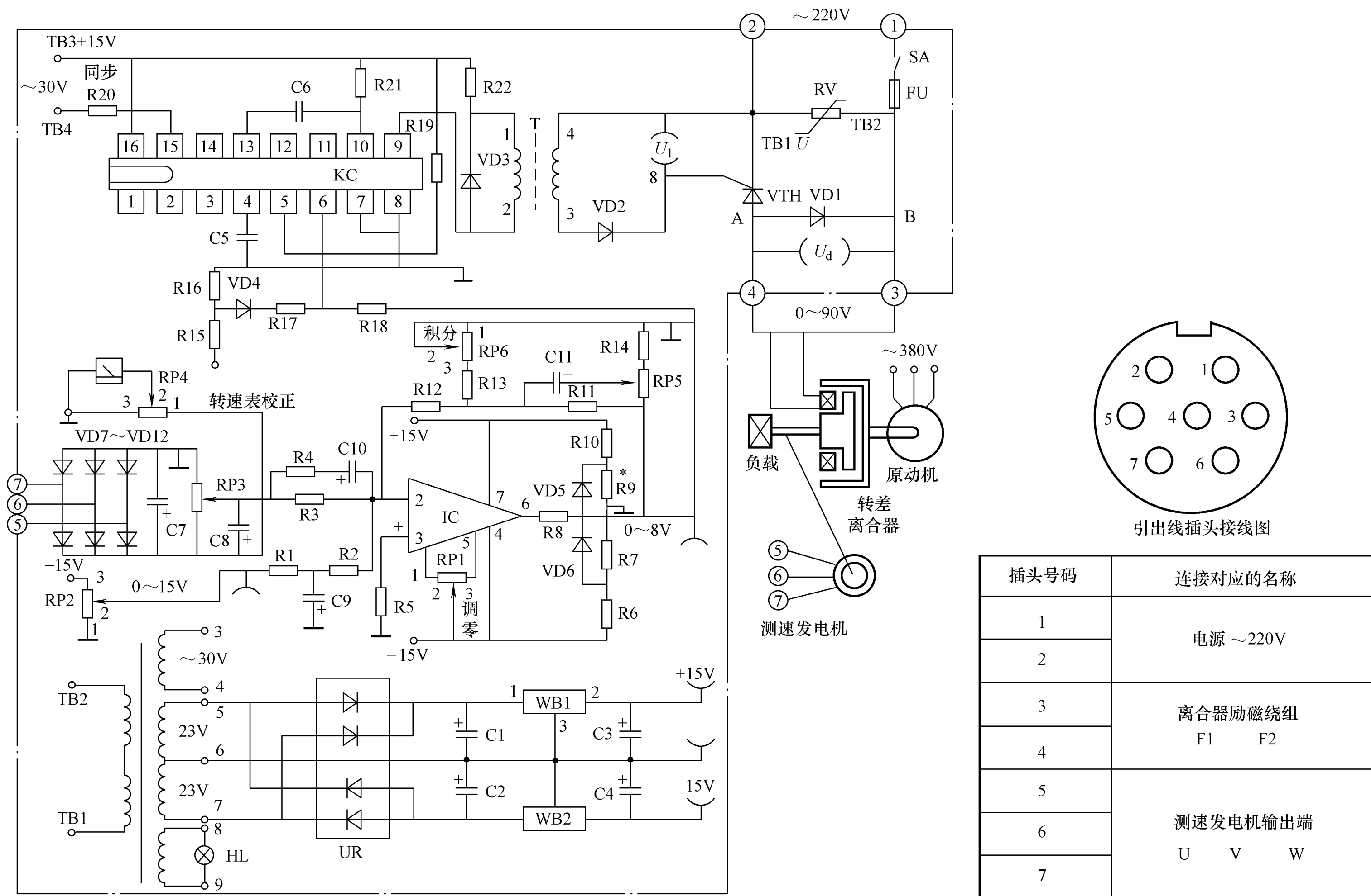
1）接通电源，合上面板上的主令开关，当转动面板上的转速指令电位器时，用100V以上的直流电压表测量面板上的输出测量点，应有0～90V的突跳电压（因测速反馈未加入时的开环放大倍数很大），则认为开环时工作基本正常。

2）起动交流异步电动机（原动机）使系统闭环工作，此时电动机的输出转速应随面板上转速指令电位器的转动而变化。

2. JD1B、JD1C型电磁调速控制器的调整

1）转速表的校正。面板上的转速表的指示值正比于测速发电机的输出电压；由于每台测速发电机的输出电压有差异，必须根据电磁调速电动机的实际输出转速对转速表进行校正。调节转速指令电位器，使电动机运转到某一转速时，用轴测试转速表或数字转速表，测量电动机的实际输出转速，如果面板上的转速表所指示的值与实际转速不一致，可以调整面板上的“转速表校正”电位器，使之一致。

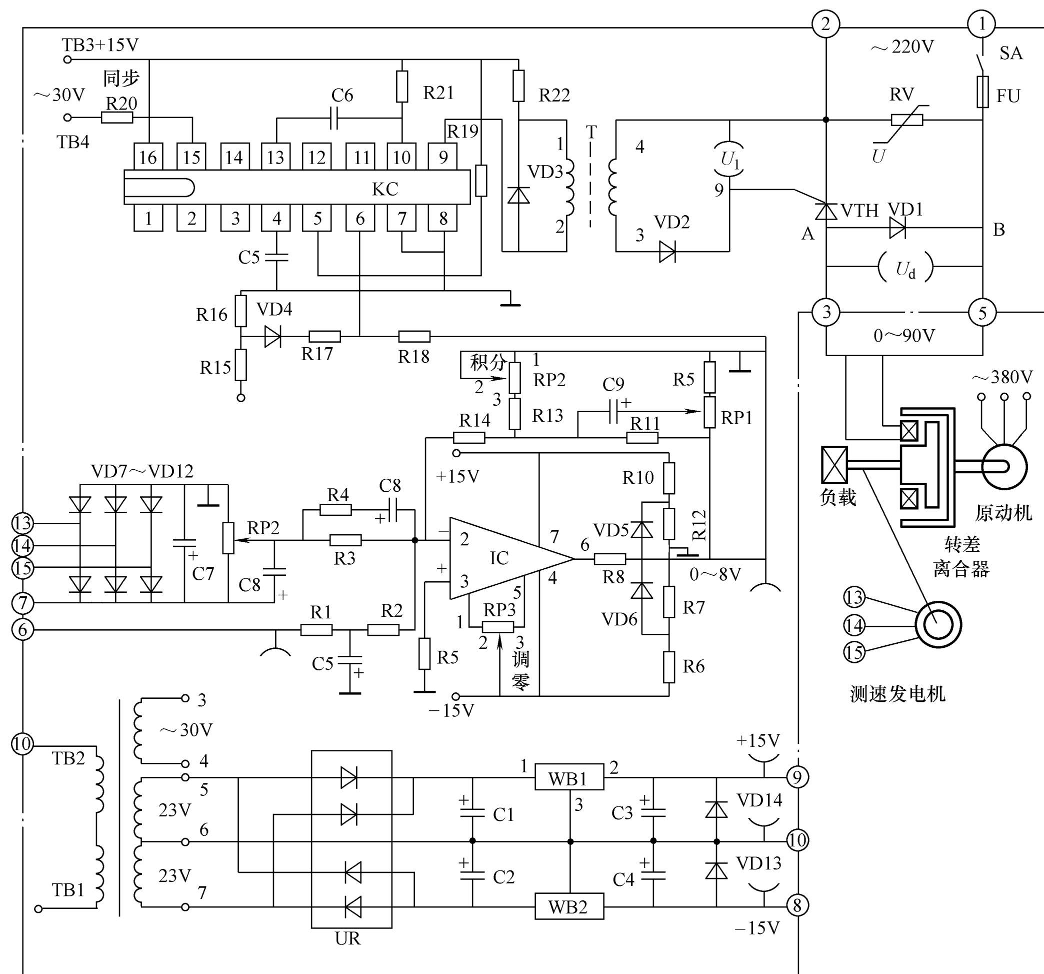
2）最高转速整定。此种整定方法就是对速度反馈量的调节。将速度指令电位器顺时针

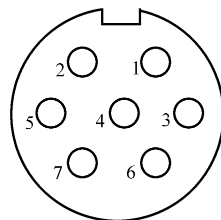


插头号码	连接对应的名称
1	电源 ~220V
2	
3	离合器励磁绕组 F1　F2
4	
5	测速发电机输出端 U　V　W
6	
7	

a) JD1B 型电磁调速控制器及引出线插头接线

图 5-3　JD1B、JD1C 型电磁调速控制器及引出线插头接线





插头号码	连接对应的名称
1	电源 ～220V
2	
3	离合器励磁绕组 F1 F2
4	
5	测速发电机输出端 U V W
6	
7	

b) JD1C型电磁调速控制器及引出线插头接线

图 5-3　JD1B、JD1C 型电磁调速控制器及引出线插头接线（续）

方向转至最大，并调节“反馈量调节”电位器，使之转速达到电磁调速电动机的最高额定转速（≤15kW 为 1250r/min，≥15kW 为 1320r/min）。

3. JD1B、JD1C 型电磁调速控制器的安装、使用和维护

1）在测试开环工作状况时，七芯航空插座的 3、4 芯接入负载后，输出才是 0～90V 的突跳电压；如果不接负载，输出电压可能不在上述范围内。

2）面板上的“反馈量调节”电位器应根据所控制的电动机进行适当的调节。反馈量调节过小，会使电动机失控；反馈量调节过大，会使电动机只能低速运行，不能升速。

3）面板上的“转速表校准”电位器在校正好后应将其锁定。否则，如果其逆时针转到底，会使转速表不指示。

4）运行中，若发现电动机输出转速有周期性的摆动，可将七芯插头上接到励磁线圈的 3、4 线对调；对 JD1B 型，应调节电路板上的“比例”电位器，使之与机械惯性协调；以达到更进一步的稳定。

5）周围环境须保持清洁，防止油污及水渍滴入控制器内，并避免剧烈振动。

6）在停放时间过长或发现控制器内部受潮后，应低温烘干并检查电气性能及绝缘性能。

7）元器件损坏时，应及时更换。在更换元器件时，须小心进行，使用电烙铁的功率不得大于 45W，焊接时间不超过 5s，并要注意防止印制电路板铜箔脱落。元器件修补完毕，应用酒精清洁一下，然后敷一层稀薄的万用胶。

5.4 双速电动机定子绕组接线电路

在有些机床中，如 T68 型镗床和 M1432A 型万能外圆磨床的主轴，为了得到较宽的调速范围，采用了双速电动机来传动，有的机床还采用了三速和四速电动机，双速电动机是采用改变极对数来改变电动机的转速。双速电动机定子绕组接线方法如图 5-4 所示。

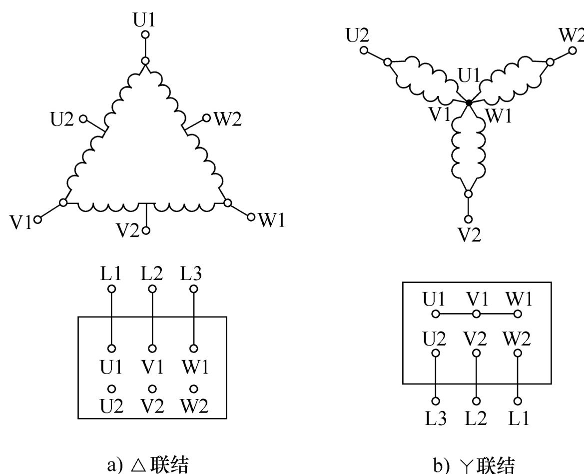


图 5-4 双速电动机定子绕组接线电路

图中，电动机的三相定子绕组接成△，三个绕组的三个连接点接出三个出线端 U1、

V1、W1，每相绕组的中点各接出一个出线端U2、V2、W2，共有六个出线端。改变这六个出线端与电源的连接方法就可得到两种不同的转速。要使电动机低速工作时，只需将三相电源接至电动机定子绕组△联结顶点的出线端U1、V1、W1上，其余三个出线端U2、V2、W2空着不接，此时电动机定子绕组接成△，如图5-4a所示，极数为4极，同步转速为1500r/min。

若要电动机高速工作时，把电动机定子绕组的三个出线端U1、V1、W1连接在一起，电源接到U2、V2、W2三个出线端上，这时电动机定子绕组接成双Y联结，如图5-4b所示。此时极数为2极，同步转速为3000r/min。必须注意，从一种接法改为另一种接法时，为了保证旋转方向不变，应把电源相序反过来。双速电动机高速运转时的转速接近低速时的两倍。

5.5 双速单相电动机控制电路

双速单相电动机控制电路由主绕组Ⅰ、主绕组Ⅱ、副绕组Ⅰ、副绕组Ⅱ、公共绕组、换挡开关SA以及电容器C等组成。电动机的两套绕组装在同一个定子上，两套绕组分别为12极低速绕组和2极高速绕组。双速单相电动机控制电路如图5-5a所示。

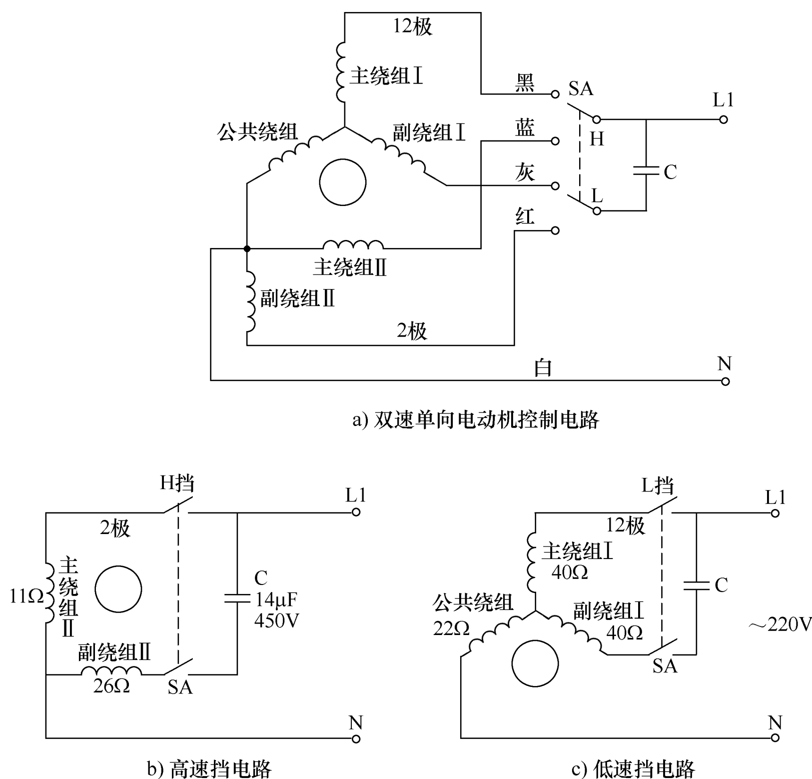


图5-5 双速单相电动机控制电路

使用高速挡时，将开关SA置于“H”挡，主绕组Ⅰ、副绕组Ⅰ和公共绕组退出，主绕



组Ⅱ和副绕组Ⅱ参与工作，并且副绕组Ⅱ与电容器C串联成为起动电路，如图5-5b所示。

使用低速挡时，将开关置于“L”挡，副绕组Ⅰ与电容器串联成为起动电路，主绕组Ⅰ参与工作，如图5-5c所示。这时公共绕组串联在工作零线N与主绕组Ⅰ、副绕组Ⅰ（含电容器C）之间，转速为450r/min。

5.6 大型他励直流电动机配电柜电路

直流电动机一般是由三相交流电或两相交流电，经晶闸管整流变为直流电作为它的电源，再通过控制晶闸管导通角的大小，控制输出电压的大小，来达到调速的目的。这种电路较为复杂，下面介绍一种直流电动机用调压器调整输出电压，再经过二极管整流供给直流电动机来调速的电路，该电路非常实用。图5-6所示是调压器与二极管组成的直流电动机调速控制电路，这种电路简单、工作可靠、能达到无级调速的目的，它适用于单台直流电动机调速或是多台直流电动机调速。它的工作原理是：合上刀开关QF时，电源接通控制电路，为开动电动机做好了准备。当使用电动机时，按下按钮SB1，交流接触器KM线圈得电吸合，三相调压器输入端接通三相交流电源，这时用手调整三相调压器，三相调压器即开始输出三相交流电压，从0V上升，这时经六个整流二极管，把交流电压整流成直流电压供直流电动机使用。另外线路中还有热继电器过电流保护，在电枢主电路中串接了75mV的分流器，直

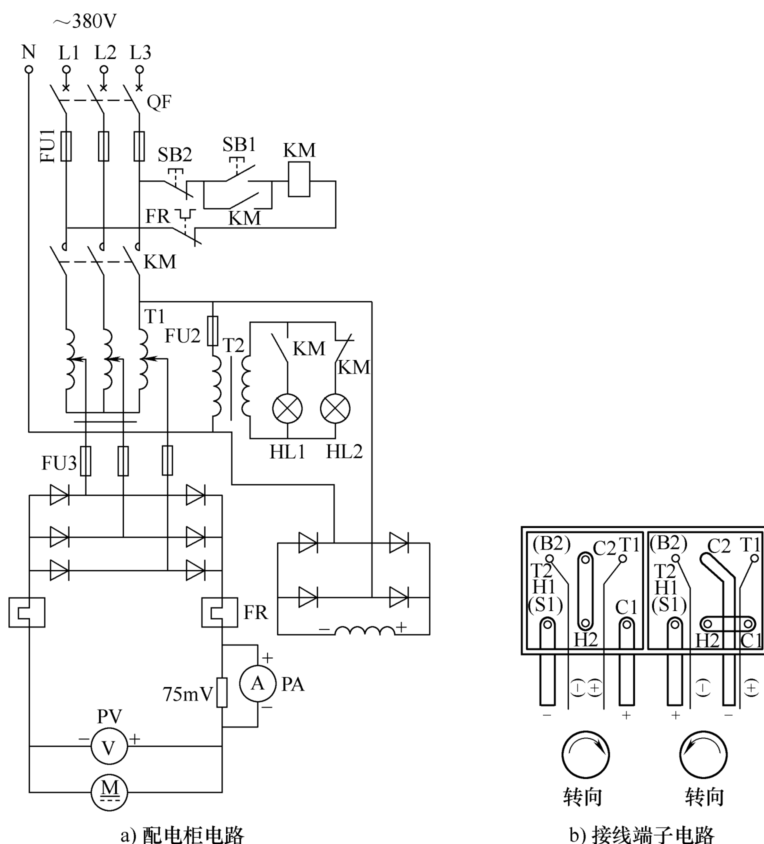


图5-6 大型他励直流电动机配电柜电路

流电流表的量程可根据电动机的额定电流大小来选定。在电枢的两端电路中还装有直流电压表，供操作人员操作电动机时参考。直流电动机的励磁线圈电压是经单相220V交流电源，由四个二极管整流供给，只要KM接通交流调压器，励磁电压立即接通励磁线圈。这种电路在一般厂矿、乡镇企业单位常会用到，可自行装配。改装原有晶闸管触发的配电电路，特别是对因配电电路老化损坏严重、调速板不易恢复修好的直流配电柜，采用此电路尤为实用。

5.7 用三个交流接触器构成的三速异步电动机起动及加速控制电路

图5-7所示是用三个交流接触器构成的三速异步电动机起动及加速控制电路。

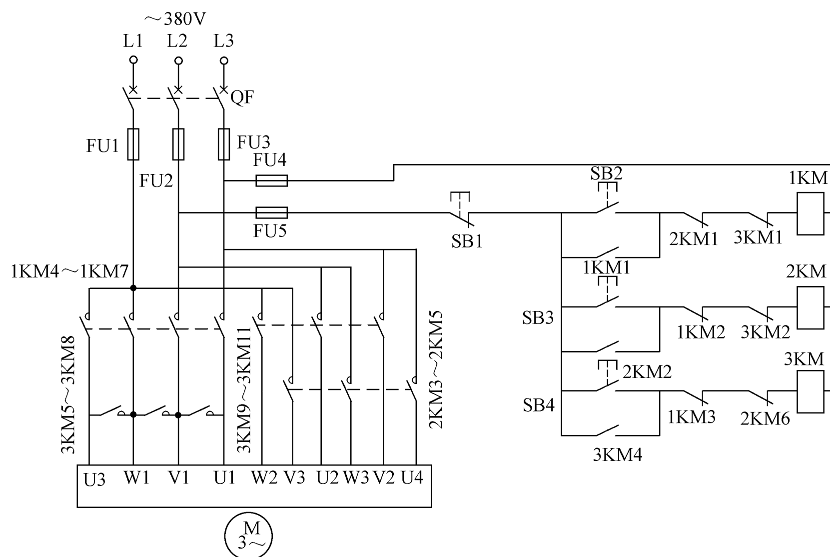


图5-7　用三个交流接触器构成的三速异步电动机起动及加速控制电路

图中，SB1为停止按钮，SB2为低速按钮，SB3为中速按钮，SB4为高速按钮，1KM为低速运转控制交流接触器，2KM为中速运转控制交流接触器，3KM为高速运转控制交流接触器。

低速运转时按下SB2后，1KM线圈得电吸合，其触头1KM1闭合后自锁，触头1KM2、1KM3断开互锁，1KM4～1KM7闭合后使电动机低速运转。中速运转时按下SB3后，2KM线圈得电吸合，其触头2KM2闭合后自锁，触头2KM1、2KM6断开互锁，2KM3～2KM5闭合后使电动机中速运转。高速运转时可按下SB4。

5.8 单相异步电动机无级调速电路

单相异步电动机无级调速电路如图5-8所示。图中C2和RP组成阻容移相桥，调节RP，便可改变移相电桥输出的交流电压的相位，经整流桥UR2加在VTH门极上控制VTH的导通角，从而改变电动机M的工作电压，实现无级调速。



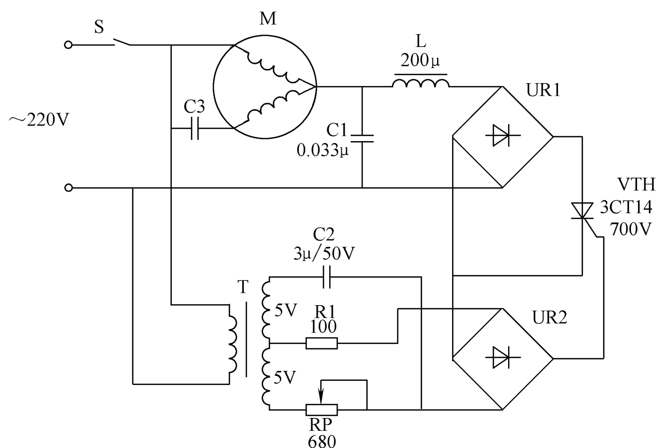


图 5-8　单相异步电动机无级调速电路

5.9　时间继电器控制的双速电动机自动加速电路

有时为了减少高速运转时的能耗，起动时电动机先按△联结低速起动，然后自动地转为双Y联结高速运行。这个过程可以用时间继电器来控制，时间继电器控制的双速电动机自动加速电路如图 5-9 所示。

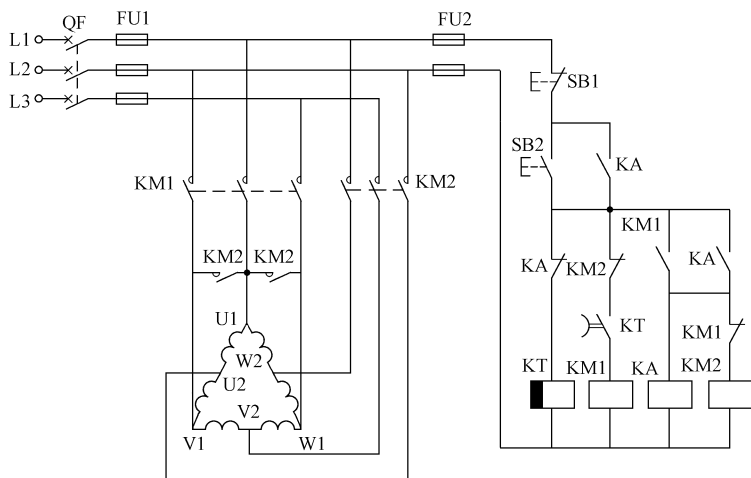


图 5-9　时间继电器控制的双速电动机自动加速电路

合上电源开关 QF，按下起动按钮 SB2，断电时间继电器 KT 得电吸合，其瞬时闭合延时断开的触头闭合，接触器 KM1 得电吸合，其主触头闭合，电动机定子绕组接成△起动。KM1 常开触头闭合，中间继电器 KA 得电吸合并自锁。KA 的常闭触头断开，时间继电器 KT 断电。经延时，时间继电器 KT 延时断开的触头断开，接触器 KM1 失电释放，其主触头断开，解除△联结。同时由于 KM1 常闭触头的闭合，接触器 KM2 得电吸合，其主触头闭合，

电动机自动从△联结改变成双Y联结运行，完成自动加速过程。

5.10　双速电动机的控制电路

双速电动机的控制工作原理是：如图5-10a所示，按下低速起动按钮SB2，低速接触器KM线圈通电，电动机低速运转，此时电动机的绕组为△联结，如图5-10b所示；若需换为高速运转，则可按下高速起动按钮SB3，于是KM线圈断电，高速接触器KM1和KM2线圈接通，电动机高速运转，此时电动机绕组为双Y联结，如图5-10c所示。此种接线法的电动机应用最广泛。

图5-10b所示为电动机的三相绕组接成△联结电路，三个电源线连接在接线端U1、V1、W1，每个绕组的中点引出的接线端U2、V2、W2空着不接，此时电动机磁极为4极，同步转速为1500r/min。要使电动机以高速工作时，只需把电动机绕组接线端U1、V1、W1短接，U2、V2、W2的三个接线端接上电源，如图5-10c所示。此时电动机定子绕组为双Y联结，磁极为2极，同步转速为3000r/min。必须注意，从一种接法改为另一种接法时，为了保证旋转方向不变，应把电源相序反过来。

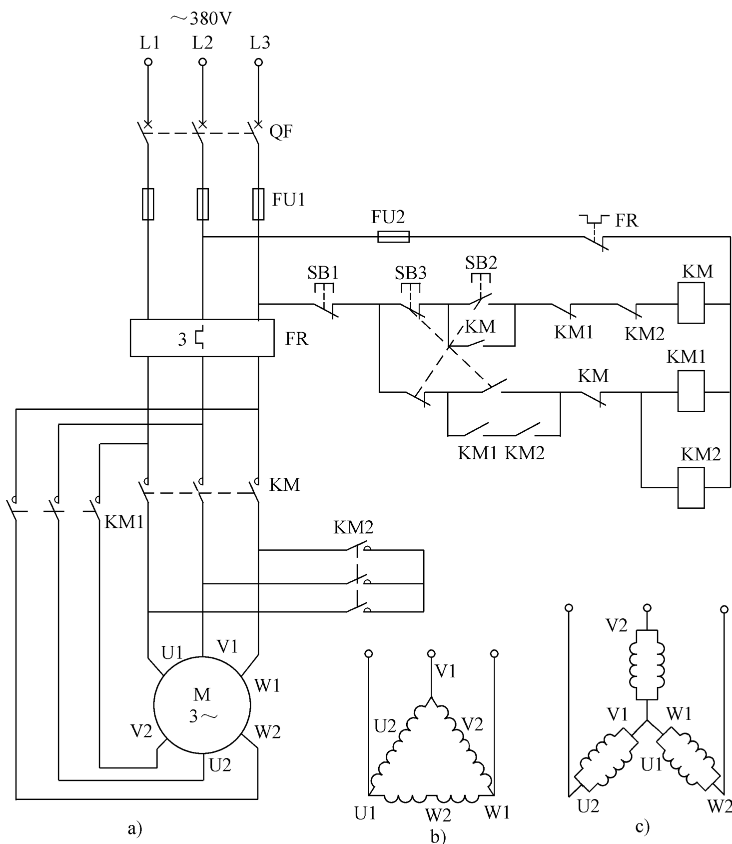


图5-10　双速电动机的控制电路

第6章 电动机常用软起动与变频调速电路

6.1 一台西普 STR 软起动器控制两台电动机电路

用一台软起动器控制两台电动机，并不是指同时开机，而是开一台，另一台作备用。

此例是电动机一开一备，这就需要在软起动器外另接一部控制电路（见图 6-1，也叫做二次电路）。S 为切换开关，S 往上，则 KM1 动作，为起动电动机 M1 作准备，指示灯 HL1 亮，HL2 灭；往下则 KM1 不工作，KM2 工作，指示灯 HL2 亮，HL1 灭，西普 STR 软起动器一台控制两台电动机电路如图 6-1 所示。

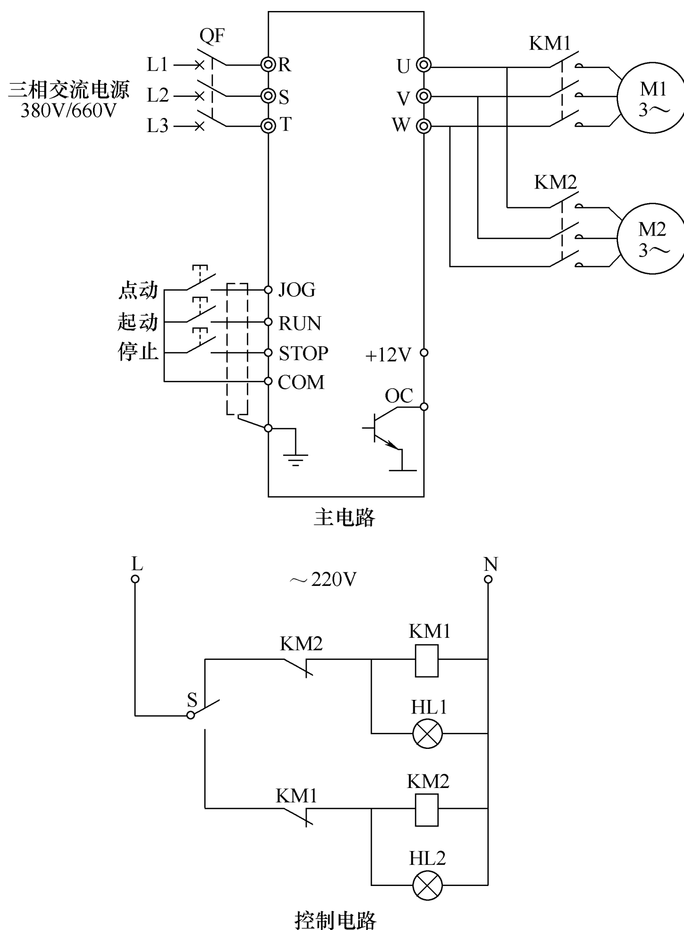


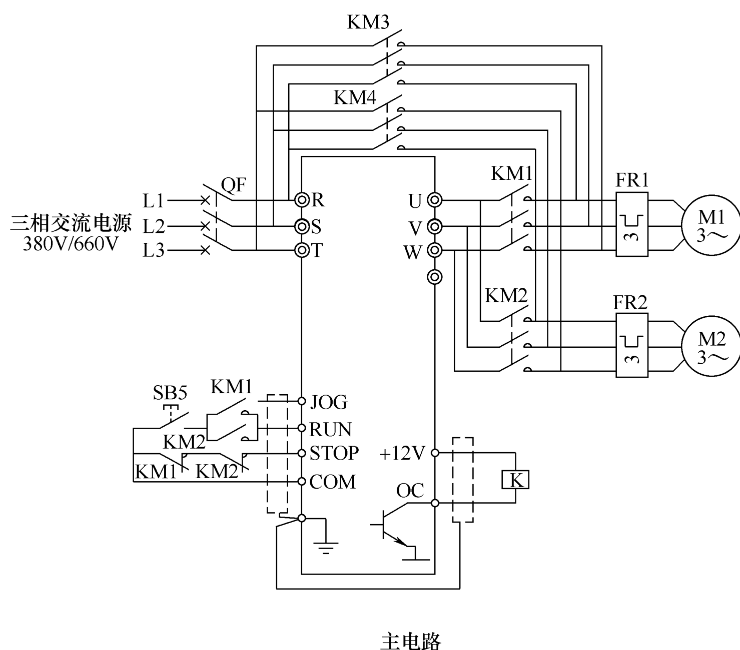
图 6-1　一台西普 STR 软起动器控制两台电动机电路

电动机工作之前，根据需要切换开关 S，然后在 STR 的操作键盘上按动 RUN 键起动电动机；按动 STOP 键则停止。JOG 是点动按钮，可根据需要自行设置安装。

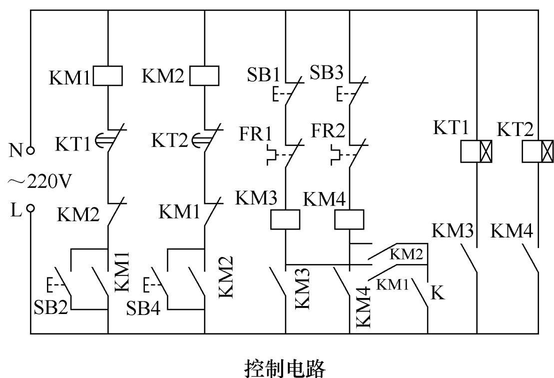
6.2 一台西普 STR 软起动器起动两台电动机电路

一台西普 STR 软起动器起动两台电动机电路如图 6-2 所示，先操作控制电路，让 KM1 吸合，为起动 M1 做好准备，然后按下起动按钮 SB5。因为只有 KM1 吸合后，SB5 才有效，在 KM1 吸合后，旁路接触器 KM3 吸合。时间继电器 KT1 开始延时，延时结束后，KT1 常闭触头断开，切断 KM1。至此，由旁路接触器 KM3 为 M1 供电，而 STR 软起动器已退出运行状态。用上述同样方法，起动 M2。

按下控制电路中的 SB1、SB3 则 M1、M2 停止运行。



主电路



控制电路

图 6-2　一台西普 STR 软起动器起动两台电动机电路



6.3 BCK 箔式绕组磁控式电动机软起动器电路

BCK 箔式绕组磁控式电动机软起动器是一种交流异步电动机软起动装置，可减轻电动机起动时对电网的冲击扰动，降低对电网容量的要求。它采用继电器、可编程序控制器（PLC）或单片机控制系统，实现对异步电动机起动过程和运行方式的手动与自动集中和就地控制，具有低耗节能、适应较重载起动等优点。BCK 箔式绕组磁控式电动机软起动器电路如图 6-3 所示。

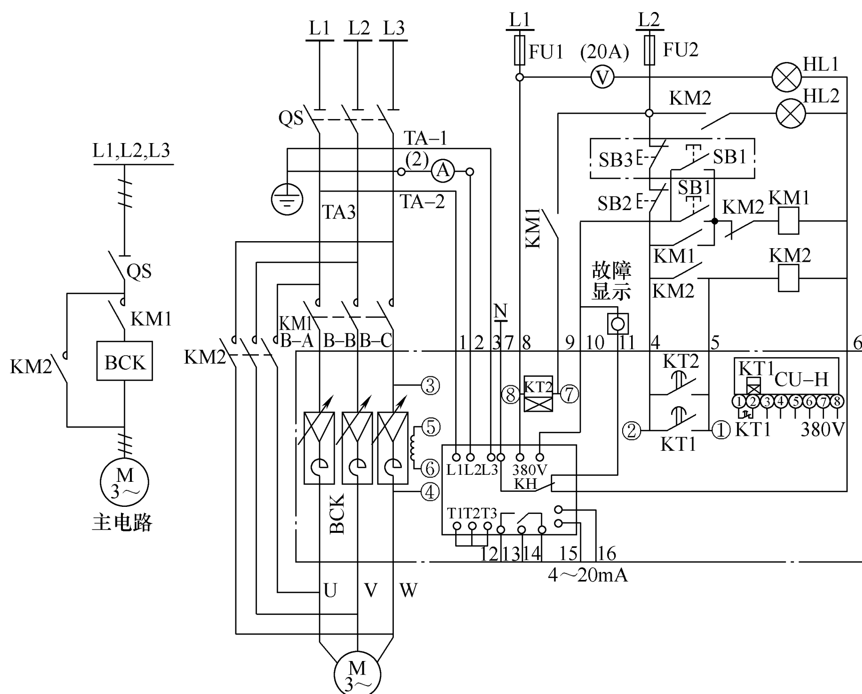


图 6-3 BCK 箔式绕组磁控式电动机软起动器电路

BCK 箔式绕组磁控式电动机软起动器与电子式软起动器的主要区别在于，用无反馈箔式绕组磁放大器（也称可控电抗器）取代晶闸管作为主电路执行单元。它实现了磁电器件对磁电设备（电动机）的控制，使两者的抗过载能力处于同一水平，大幅度地提高了整机的可靠性和起动成功率；变晶闸管的斩波调压为磁控限幅调压，输出电压波形为正弦波，有效地抑制了电压波形畸变和高次谐波对电网的污染，而且大大简化了整机结构。此外，主电路与控制电路之间只有磁路的联系而无电路的直接联系，只需要控制直流励磁的变化即可实现软起动的功能。

6.4 常熟 CR1 系列电动机软起动器带旁路接触器的电路

CR1－30～CR1－450 电动机软起动器电路如图 6-4 所示。图中 QF 为断路器；FU 为快速熔断器；KM1、KM2 为交流接触器，其中 KM2 为旁路接触器；SB1 为起动按钮；SB2 为

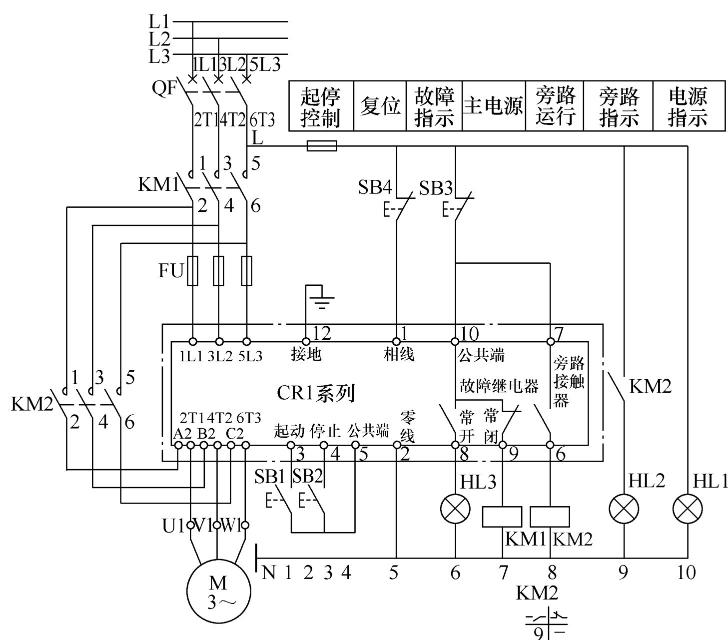


图 6-4　常熟 CR1 系列电动机软起动器带旁路接触器电路

软停按钮，SB3 为电动机急停按钮；SB4 为控制电源复位按钮；HL1 为电源指示灯；HL2 为旁路指示灯；HL3 为故障指示灯。

当合上断路器 QF 时，HL1 点亮，表明电源接通。按动 SB1 ，KM1 闭合，软起动器工作，电动机 M 软起动，转速逐渐上升。当 M 转速到达额定值时，KM2 自动闭合，将软起动器内部的主电路（晶闸管）短路，从而使晶闸管等不致长期工作而发热损坏。工作完毕，按动 SB2 使 KM2 关断，软起动器实现 M 软停车（逐渐减速）。若是电路或 M 发生事故，按动 SB3，M 则急停车。在事故停车时，HL3 点亮；M 运转时 HL2 点亮。

6.5　雷诺尔 JJR5000 系列智能型软起动器电路

JJR5000 系列智能型软起动器的接线电路如图 6-5 所示。JJR5000 系列智能型软起动器有以下特点：

1）JJR5000 系列智能型软起动器适用于交流 380V（50Hz），5.5～600kW 各种负载的笼型电动机。

2）三种起动方式，电压斜坡起动方式可得到最大的输出转矩；恒流软起动方式最大地限制起动电流；重载起动方式可输出最大的起动转矩。

3）停车方式包括电压斜坡软停车方式及自由停车方式。

4）具有可编程延时起动方式、可编程联锁控制及可编程故障触点输出。

5）对输入电源无相序要求。

6）起动时间、停车时间均可编程修改。

7）具有多种保护功能，对过电流、三相电流不平衡、过热、断相、电动机过载等进行保护。

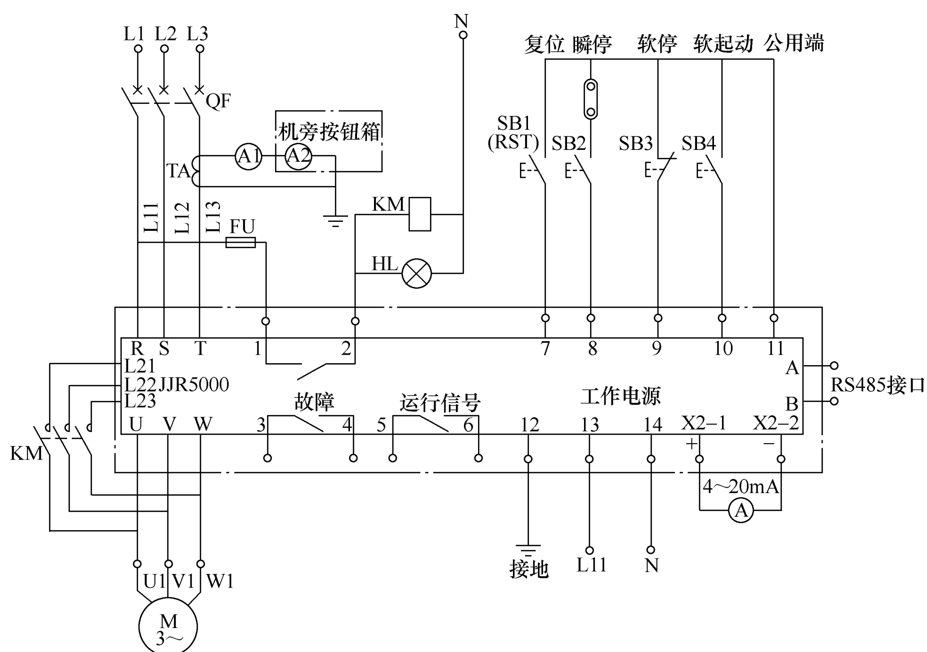


图 6-5　雷诺尔 JJR5000 系列智能型软起动器电路

6.6　具有遥控设定箱的变频器调速电路

具有遥控设定箱的变频器调速电路如图 6-6 所示。它适于变频器不能就地操作或无法实现集中控制时采用，图中 FR－FK 为遥控设定箱。遥控设定箱外接加速、减速、设定消除三

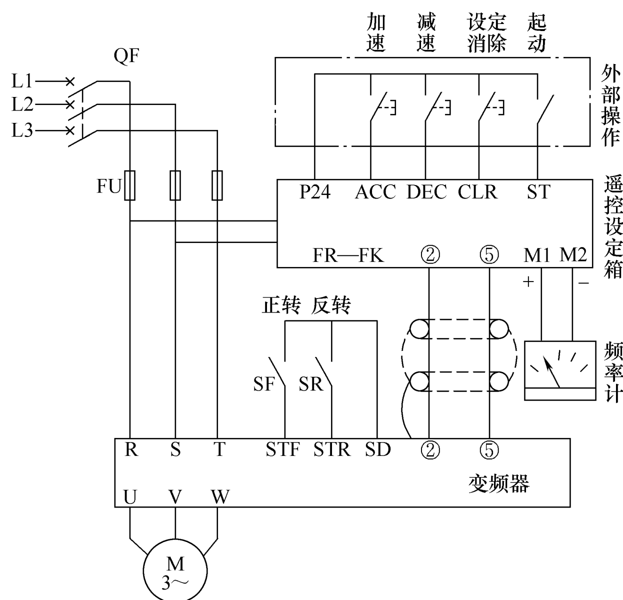


图 6-6　具有遥控设定箱的变频器调速电路

个按钮和一个起动开关。操作时先合上起动开关，然后根据需要按动其他按钮。变频器不仅可调速，而且可换向，在图6-6中，将SF合上时，电动机M正转；扳下SF，合上SR开关，电动机M反转。

FR－FK的M1、M2端子用来连接频率计。其②、⑤端与变频器的②、⑤端用屏蔽线相连。

6.7　具有三速设定操作箱的变频器调速电路

具有三速设定操作箱的变频器调速电路如图6-7所示。它适于抛光、研磨、搅拌、脱水、离心、甩干、清洗等机械设备在需要多段速度的工序中采用。图中FR－AT为三速设定操作箱，它与变频器之间必须用屏蔽线连接。通过S1、S2、S3三个手动开关控制，可以实现三速选择。

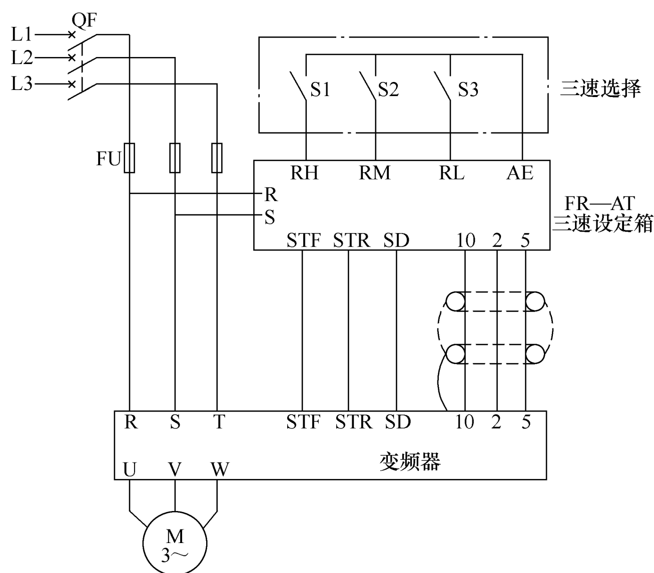


图6-7　具有三速设定操作箱的变频器调速电路

6.8　VACON NX系列变频器及VFD－007V23A变频器接线电路

目前变频器作为新颖电气设备，在实际工作中得到了广泛应用。VACON NX系列变频器及VFD－007V23A变频器接线电路就是实际应用电路之一，如图6-8所示。

VACON NX系列变频器的输入电压是：

200～240V，380～500V，525～690V（－15%～＋10%）。

辅助电压：

外部辅助电源可以给控制电路供电，可以给控制面板，内部驱动功能和现场总线供电。DC 24V，300mA。

VACON NX系列变频器的电动机输出连接：电压0～U_{in}。

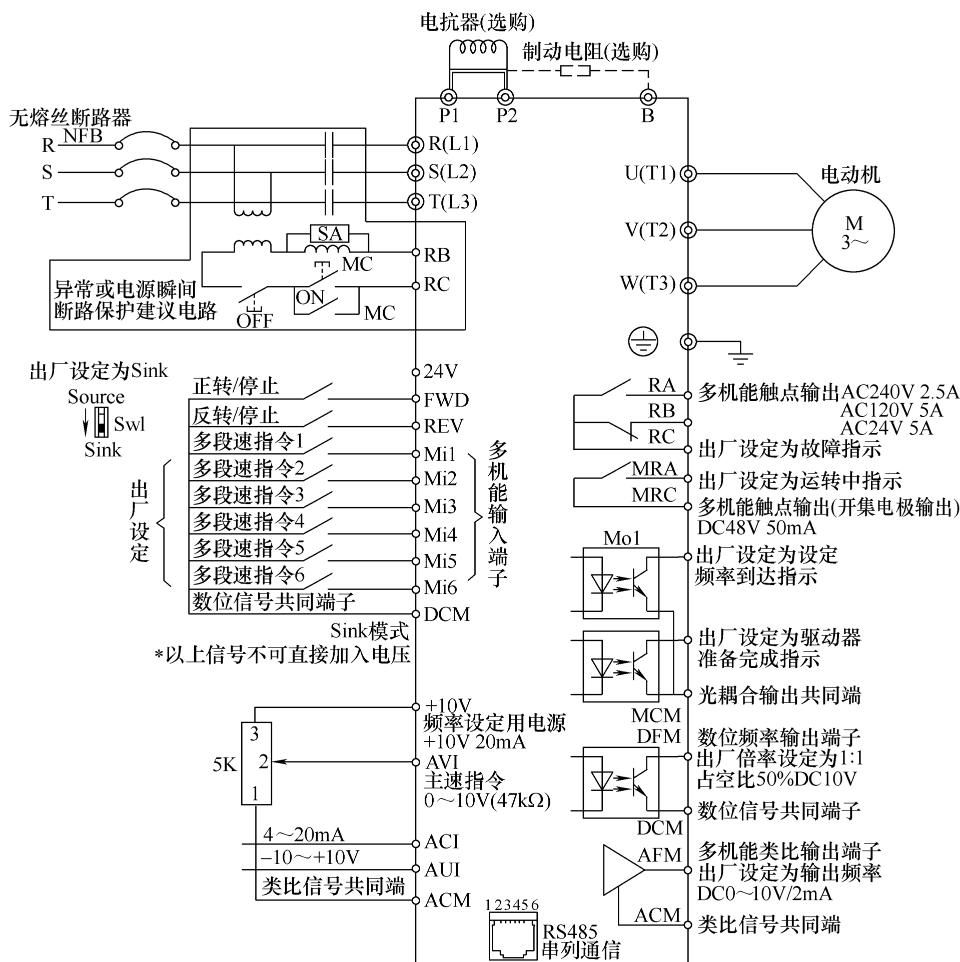


图 6-8 VFD-007V23A 变频器标准配线图

VACON NX 系列变频器的数字输出：开集电极输出 50mA/48V。

VACON NX 系列变频器的继电器输出：最大开关电压 DC 125V，AC 250V。

VACON NX 系列变频器的最大开关负载：8A/DC 24V，0.4A/DC 125V，2kVA/AC 250V。

6.9 电动机变频器的步进运行及点动运行电路

电动机变频器的步进运行及点动运行电路如图 6-9 所示。此电路电动机在未运行时点动有效。运行/停止由 REV、FWD 端的状态（即开关）来控制。其中，REV、FWD 表示运行/停止与运转方向，当它们同时闭合时无效。

转速上升/转速下降可通过并联开关来实现在不同的地点控制同一台电动机运行。由 X4、X5 端的状态（开关 SB1、SB2）确定，虚线即为设在不同地点的控制开关。

JOG 端为点动输入端子。当变频器处于停止状态时，短接 JOG 端与公共（CM）端（即按下 SB3），再闭合 FWD 端与 CM 端之间连接的开关，或闭合 REV 端与 CM 端之间连接的开关，则会使电动机 M 实现点动正转或反转。

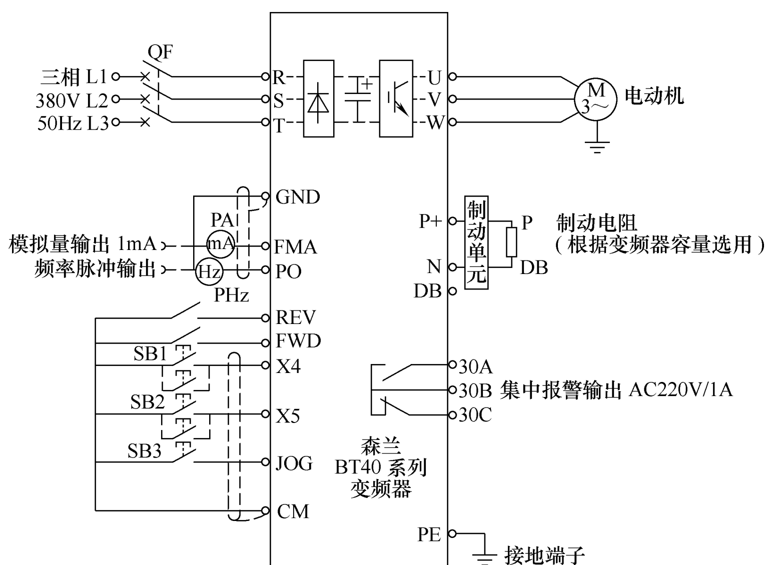


图 6-9　电动机变频器的步进运行及点动运行电路

6.10　用单相电源变频控制三相电动机电路

变频控制有很多好处，例如三相变频器通入单相电源，可以方便地为三相电动机提供三相变频电源。电路如图 6-10 所示。

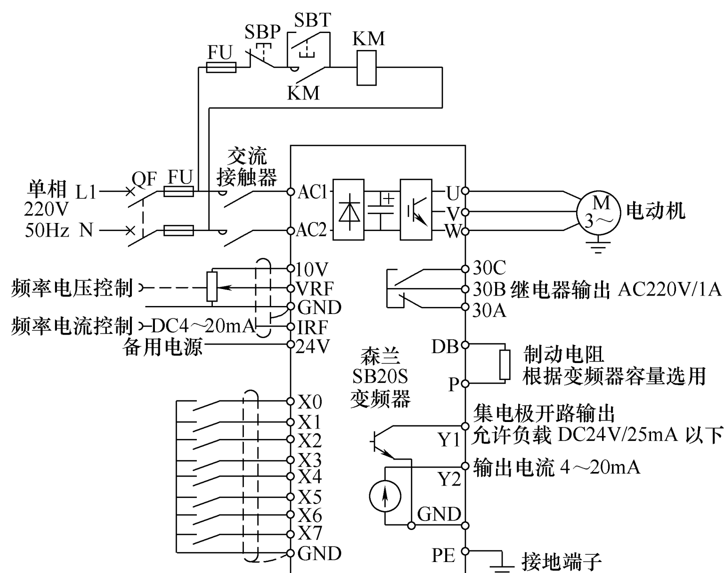


图 6-10　用单相电源变频控制三相电动机电路

6.11　有正反转功能变频器控制电动机正反转调速电路

对于有正反转功能的变频器，可以采用继电器来构成正转、反转、外接信号，有正反转

功能变频器控制电动机正反转调速线路如图 6-11 所示。

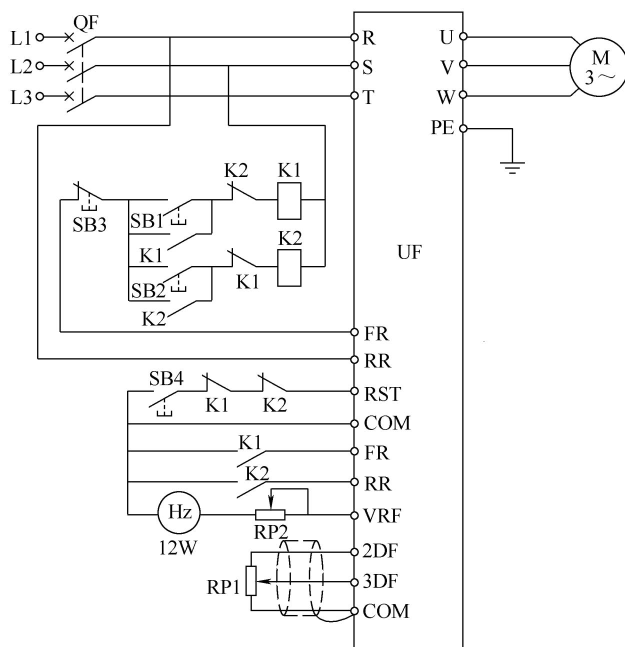


图 6-11 有正反转功能变频器控制电动机正反转调速电路

正转时，按下按钮 SB1，继电器 K1 得电吸合并自锁，其常开触头闭合，FR－COM 连接，电动机正转运行；停止时，按下按钮 SB3，K1 失电释放，电动机停止。

反转时，按下按钮 SB2，继电器 K2 得电吸合并自锁，其常开触头闭合，RR－COM 连接，电动机反转运行；停止时，按下按钮 SB3，K2 失电释放，电动机停止。

事故停机或正常停机时，复位端子 RST－COM 断开，发出报警信号。按下复位按钮 SB4，使 RST－COM 连接，报警解除。

图 6-11 中，Hz 为频率表，RP1 为 2W、1kΩ 线绕式频率给定电位器。RP2 为 12W、10kΩ 校正电阻，构成频率调整电路。

6.12 无正反转功能变频器控制电动机正反转调速电路

有些变频器无正反转功能，只能使电动机向一个方向旋转，这时采用本例电路可实现电动机正反转运行，无正反转功能变频器控制电动机正反转调速电路如图 6-12 所示。

正转时，按下按钮 SB1，中间继电器 K1 得电吸合并自锁，其两副常开触头闭合，IRF－COM 接通，同时时间继电器 KT 得电进入延时工作状态，待延时结束后，KT 延时闭合触头动作，使交流接触器 KM1 得电吸合并自锁，电动机正转运行。

欲使 M 反转，在 IRF－COM 接通后，变频器 UF 开始运行，其输出频率按预置的升速时间上升至与给定相对应的数值。当按下停止按钮 SB3 后，K1 失电释放，IRF－COM 断开，变频器 UF 输出频率按预置频率下降至 0，M 停转。按下反转按钮 SB2，则反转继电器 K2 得电吸合，使接触器 KM2 吸合，电动机反转运行。

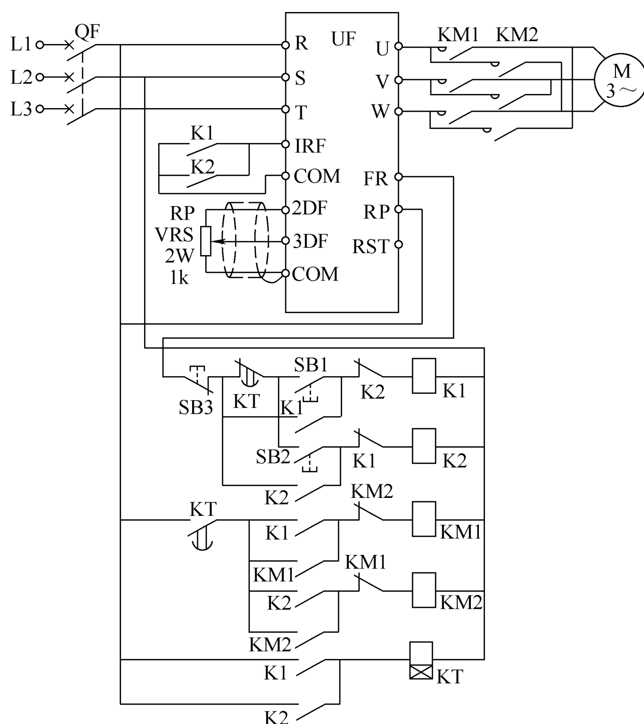


图 6-12　无正反转功能变频器控制电动机正反转调速电路

为了防止误操作，K1、K2 互锁。

RP 为频率给定电位器，须用屏蔽线连接。时间继电器 KT 的整定时间要超过电动机停止时间或变频器的减速时间。在正转或反转运行中，不可关断接触器 KM1 或 KM2。

第 7 章 电动机常用 PLC 应用电路

7.1 PLC 的指令系统与编程方法及电路

近年来，随电气技术的不断发展，PLC 在电工领域应用也极为广泛，无论是在电动机控制，还是电气自动控制方面，它都充满广阔的应用前景。下面介绍几例电工常用的 PLC 在电动机控制中的应用电路。

首先了解一下 PLC 的指令系统与编程方法及电路。

1. 指令系统

PLC 的指令系统由基本指令和高级指令组成，共有 160 多条，常用的基本指令见表 7-1。

表 7-1 常用指令表

指令名称	作用	指令名称	作用
起始指令 ST	逻辑运算开始	堆栈指令 PSHS	存储运算结果（压入堆栈）
输出指令 OT	输出结果	堆栈指令 RDS	读出存储运算结果（读出堆栈）
触头串联指令 AN	单个常开与常闭触头串联	堆栈指令 POPS	读出清除存储结果（弹出堆栈）
触头并联指令 OR	单个常开与常闭触头并联	微分指令 DF	触发信号上升沿，线圈接通一个扫描周期
反指令/	运算结果取反	微分指令 DF/	触发信号下降沿，线圈接通一个扫描周期
定时器指令 TMR	定时单位为 0.01s 定时器	置位指令 SET	触发信号 X0 闭合时，Y0 接通
定时器指令 TMX	定时单位为 0.1s 自定时器	复位指令 RST	触发信号 X1 闭合时，Y0 接通
定时器指令 TMY	定时单位为 1s 定时器	保持指令 KP	继电器线圈 Y 接通后并保持
计数器指令 CT	计数脉冲	结束指令 ED	程序运行结束

2. 编程方法

以图 7-1a 所示笼型电动机正反转控制电路为例来介绍用 PLC 控制的编程方法。

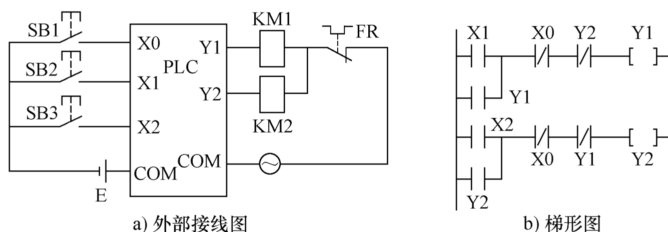


图 7-1 笼型电动机正反转控制电路及梯形图

（1）确定 I/O 点数及其分配

停止按钮 SB1、正转起动按钮 SB2、反转起动按钮 SB3 必须接在 PLC 的 3 个输入端子上，可分别分配为 X0、X1、X2 来接收输入信号；正转接触器线圈 KM1、反转接触器线圈 KM2 需接在两个输出端子上，可分别分配为 Y1 和 Y2。共需用 5 个 I/O 点，见表 7-2。

表 7-2 I/O 点数

输 入	输 出
SB1 X0	KM1 Y1
SB2 X1	KM2 Y2
SB3 X2	

按下 SB2，电动机正转；按下 SB3，电动机反转。在电动机正转时如要求反转，必须先按下 SB1。自锁和互锁触头是内部的“软”触头，不占用 I/O 点。

（2）编制梯形图和指令语句表

本例的梯形图如图 7-1b 所示，语句表见表 7-3。

表 7-3 语句表

地址	指 令	地址	指 令
0	ST X1	6	OR Y2
1	OR Y1	7	AN/ X0
2	AN/ X0	8	AN/ Y1
3	AN Y2	9	OT Y2
4	OT Y1	10	ED
5	XT X2		

7.2 PLC 自耦变压器控制多台电动机电路

通常大型笼型异步电动机的起动，常采用自耦变压器减压起动的方式。起动结束后，自耦变压器被切除，额定电压加于定子绕组，异步电动机以额定电压正常运行，即自耦变压器只在起动的几秒或十几秒时间里投入运行，其他时间都被闲置。

许多场合同时有多台容量相同或容量相近的大型异步电动机工作，但是这些异步电动机的起动并不要求同时进行。按照通常的做法，每台电动机都配置一台自耦变压器，这样不仅增加了控制设备的成本和占地面积，而且使控制电路变得复杂，增大了维护工作量。本例给出了以 PLC 为控制器，用一台自耦变压器对多台异步电动机的起动进行控制的方法。

1. 电气控制要求

用一台自耦变压器起动多台异步电动机应满足以下要求：

1）当任意一台电动机在起动过程中，其他电动机都不能起动。该电动机起动结束后才能起动下一台电动机。任何电动机（不论是停止，还是运行）都不能影响正在起动的电动机。

2）起动任何一台电动机时，首先使该电动机与自耦变压器连接，减压起动，不应有直接起动的可能性。

3）控制系统应具有较强的容错能力，即使出现误操作，也不应出现有危害人身安全和

设备安全的情况。

4）对电动机应有必要的保护措施，如过载、过电流保护等。

2. 主电路设计

用一台自耦变压器起动多台电动机的主电路如图7-2所示。起动电路由断路器QF0、接触器KM0、自耦变压器T以及接触器KM01～KM0n组成，各台电动机的额定电压运行电路各自独立。以电动机M1为例，如电动机M1正常运行时，由QF1、KM1和热继电器KR1组成的回路供电。

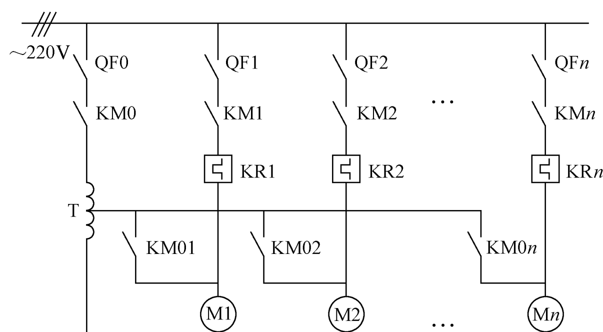


图7-2　自耦变压器起动多台电动机主电路

通常自耦变压器的线圈是按比较短的运行工作时间设计的，一般只允许连续起动2～3次，再次起动时，需要等其冷却之后才能进行。用一台自耦变压器起动多台电动机，起动次数相对频繁，所以自耦变压器的容量除了根据电动机和最大起动负荷以及起动时间来考虑外，还可以采用容量大一级的自耦变压器，特殊场所还考虑备用自耦变压器的配置。

3. 控制电路设计

为了达到上述目的，采用PLC为控制器，实现多台电动机起动的自动和联锁控制。PLC的选择主要是根据被控制电动机的数量来选择I/O点数。可选择整理式、中低档PLC即可满足生产要求。

根据控制系统的要求，每台电动机应设一个起动按钮和一个停止按钮，同时电动机过载保护热继电器的信号也应反馈给PLC，为节省PLC的输入点数，可将每台电动机的过载保护热继电器的常开触头与停止按钮的常开触头相并联后，作为一个输入信号再送到PLC，这样控制系统的成本可以降低。因此，每一台电动机只需要PLC的两个输入点。同样，由主电路可知，每台电动机由两个主接触器控制，因此需要两个PLC的输入点实现对接触器的控制。这样，根据所要控制的电动机的数目，就可以确定PLC所需的I/O点数，进而确定PLC的具体配置。

在电动机PLC控制电路的硬件设计中，要求实现硬件的联锁控制，以保证设备的安全。为了说明PLC控制电路的设计方法，以电动机M1的起动为例，给出如图7-3所示的PLC控制电路示意图。

图7-3所示中，SB1为M1的起动按钮，SB2为停止按钮。在KM01的线圈控制电路中串接KM02、KM0n和KM1的常闭触头，从硬件上保证当其他电动机起动时，M1不能起动。串接KM1的常闭触头可保证电动机在运行时不会因误操作而进入起动状态。起动指示信号灯HL1和工作指示信号灯HL2与相应的主接触器线圈并联，可节省输出点数。控制自耦变压器的接触器KM0则由KM01、KM02来控制。

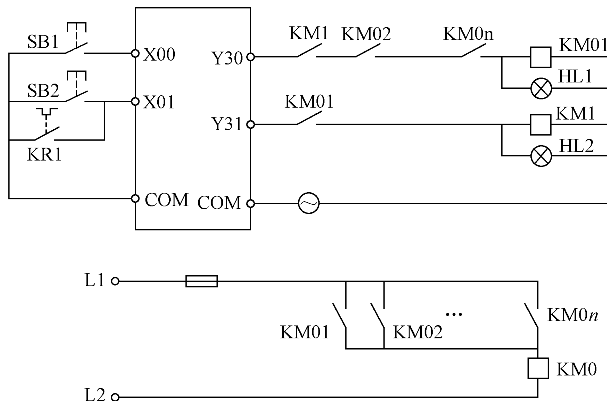


图 7-3　PLC 控制电路示意图

4. PLC 控制梯形图设计

以一台自耦变压器控制两台电动机的起动为例，取图 7-3 中 n = 2 即可。PLC 的输入输出定义见表 7-4。

表 7-4　PLC 输入输出定义表

输入/输出地址	输入/输出元件	定　义
X00	SB11	1 号电动机起动
X01	SB12	1 号电动机停止
X02	SB21	2 号电动机起动
X03	SB22	2 号电动机停止
Y30	KM01	1 号电动机的起动接触器
Y31	KM1	1 号电动机的正常运行接触器
Y32	KM02	2 号电动机的起动接触器
Y33	KM2	2 号电动机的正常运行接触器

根据控制要求和 PLC 的 I/O 定义，所设计的梯形图如图 7-4 所示。

以 1 号电动机的起动为例，PLC 的控制过程如下：

1）当按下 SB1，X00 接通，Y30 动作使 KM01 闭合，KM01 闭合使 KM0 闭合，1 号电动机串入自耦变压器减压起动。

2）与此同时，由于 M100 的作用，使 Y30 自锁，并使 T50 开始计时，经过给定的一段起动时间后，T50 常开触头闭合，M101 得电并自锁。

3）T50 常闭触头动作，使 Y30 和 M100 线圈回路断开，从而使 KM01 和 KM0 失电跳开，自耦变压器停止工作，电动机起动完成，投入全电压运行。

4）停机时按下 SB2，X01 常闭触头断开 Y31 线圈，使 Y30 和 M100 线圈断电，Y31 动作，使 KM1 吸合，从而使 KM01 和 KM02 失电跳开。Y30 线圈回路中

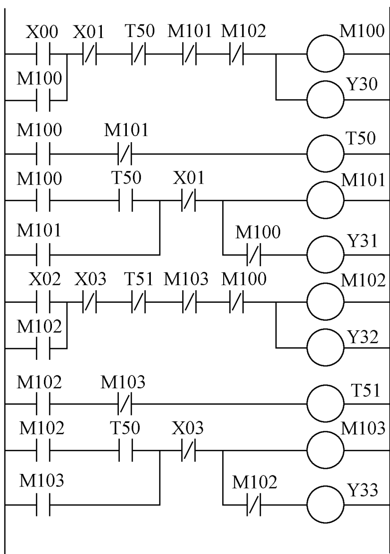


图 7-4　PLC 控制梯形图

串入 M102 常闭触头，以及 Y32 线圈回路中串入 M100 常闭触头，是从软件上使两台电动机不能同时起动，提高控制系统可靠性和容错能力。

5）根据实际应用中多台设备可以不同时起动的特点，应用 PLC 和一台自耦变压器来控制多台大型异步电动机的起动和运行。为了保证系统的可靠性和设备运行的安全性，设计中充分发挥 PLC 在控制上的灵活性，从硬件和软件两个方面实现了安全互锁控制。

7.3 采用 PLC 进行电动机的正反转控制

图 7-5 所示为电动机的接触器正反转控制电路。采用 PLC 来控制这类电动机正反转时，在断开正向控制触头到接通反向控制触头之间要有一段延时，如图 7-6 所示。

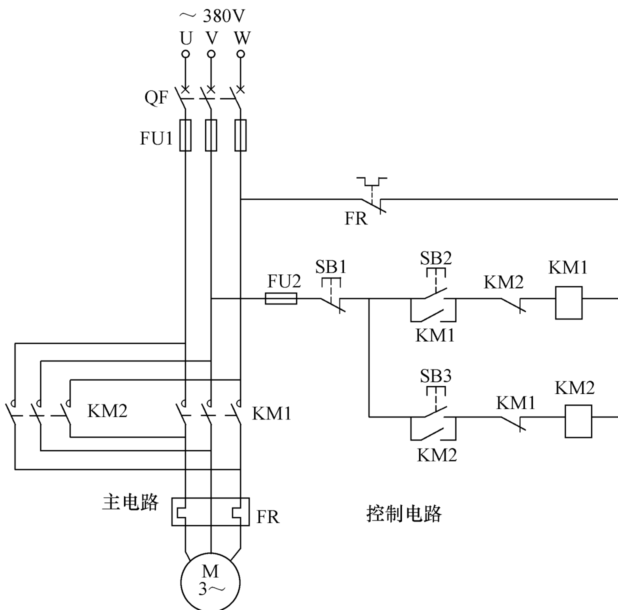


图 7-5 电动机的接触器正反转控制电路

IP 系列 PLC 的 H 端可以接相线或中性线，但两组之间 H 端是相互绝缘的。由两个输入信号 X0 及 X1 可控制电动机的正转、反转及停止。图 7-7 所示为电动机的正反转梯形图，它的逻辑关系见表 7-5。

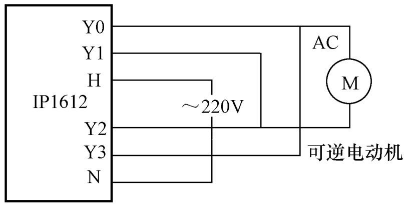


图 7-6 电动机的 PLC 正反转控制电路

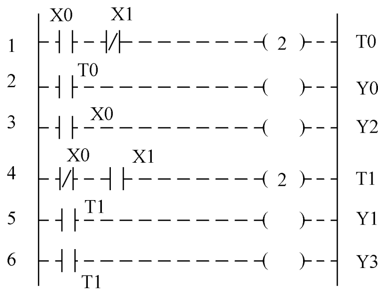


图 7-7 电动机的正反转梯形图

表 7-5　逻辑关系表

输入信号 X0	输入信号 X1	电动机工作状态
OFF	OFF	停转
ON	OFF	正转
OFF	ON	反转
ON	ON	停转（应避免使用）

若用这种方法去控制一台三相交流电动机时要十分仔细考虑 Y0 和 Y1 的瞬时接通，否则使设备毁坏。

7.4　采用 PLC 对喷漆机械手进行定位控制

采用 PLC 对喷漆机械手进行定位控制是采用步进顺序控制器分步控制的，首先介绍步进顺序控制器。

1. 步进顺序控制器

步进顺序器（SS）能够按顺序逐一起动后续的 7 个内部继电器线圈（ST），组成一个步进顺序控制器。当第一个标有（SS）的内部继电器得电后，使随后的 7 个线圈均处于释放状态。随后当其后一个标有（ST）的内部继电器得电时，这组步进顺序控制器带的其他继电器均释放，通电顺序必定是由小至大，逐一轮流。因此，步进顺序控制器是把连续的几个内部继电器组合起来，协调行动，它们在梯形图中的图形符号见表 7-6。

在 EPS 软件中并不规定步进顺序控制器从哪个内部继电器编号开始，也不一定在（SS）线圈后要跟随 7 个（ST）继电器，但最多是 7 个。如果需要超过 8 步时，可以把两个步进顺序控制器串接起来。

表 7-6　步进顺序控制器的图形符号

图形符号	功　能
R7 —(SS)—	R7 内部继电器为步进顺序控制器的第一个线圈
R8 ~ R14 —(ST)—	R8 ~ R14 是步进顺序控制器的后续 7 步继电器线圈
R7 ~ R14 ┤├	步进顺序控制器的常开触头，瞬时动作
R7 ~ R14 ┤/├	步进顺序控制器的常闭触头，瞬时动作

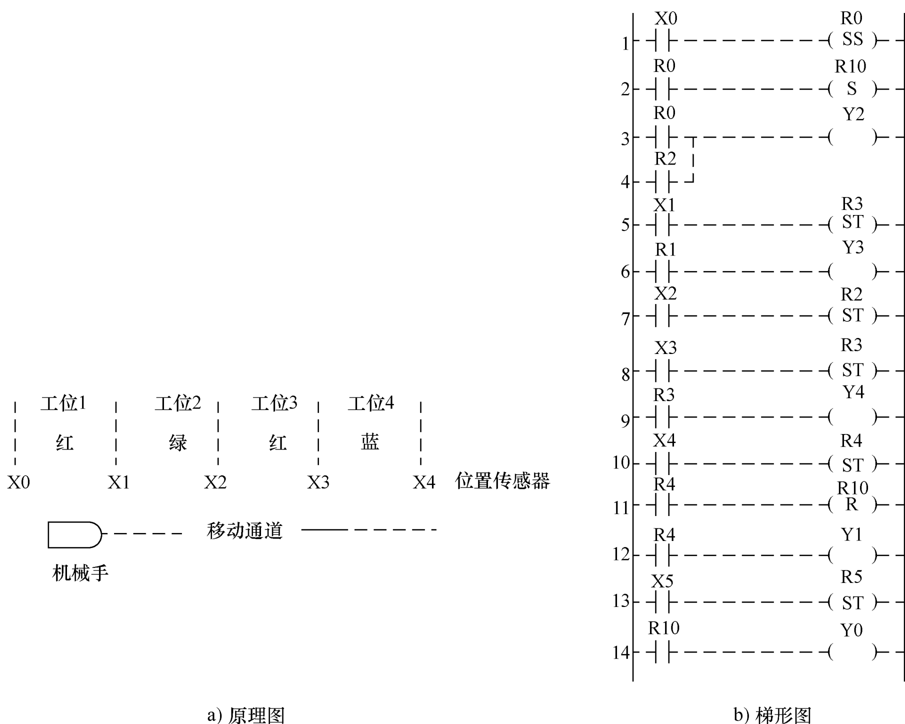
2. 喷漆机械手的定位控制电路

一个带有红、绿、蓝三种颜色油漆喷枪的机械手在一条有 4 个工位的通道中移动。机械手能喷出 3 种颜色，在 4 工位要喷刷 4 段颜色，如图 7-8a 所示。每个工位的交界处都设置一个位置传感器，此外，在起点及终点也各设一个位置传感器，总共 5 个位置传感器，其梯形图如图 7-8b 所示。

喷漆机械手由位置传感器 X0 启动控制。红色喷枪由输出点 Y2 控制，绿色喷枪及蓝色喷枪分别由 Y3 及 Y4 控制。R0 ~ R5 组成一组步进顺序控制器。输出点 Y0 控制机械手前进，Y1 控制机械手返回。

首先，位置传感器 X0 发出启动信号，使步进顺序控制器启动，这时内部继电器 R0 吸合，





a) 原理图　　b) 梯形图

图7-8　喷漆机械手的定位控制电路

其余5个线圈释放。由于R0接通，使R10置位，驱动输出点Y0。于是机械手前进，同时R0触头驱动输出点Y2，使机械手上的红色喷枪工作。当机械手行进到X1处，位置传感器X1发出信号，使X1触头接通，内部继电器R1吸合，同时R0断开。因为R0是步进顺序控制器的第一个线圈，R1触头驱动输出点Y3，使机械手上的绿色喷枪工作。当机械手继续前进到X2处，位置传感器X2动作，使R2吸合，同时断开R1。与此类同，直至机械手到达终点X4，使R10复位，于是机械手停止前进。当R4接通Y1线圈时，机械手便返回起始点。起始点的位置传感器X0发出信号，于是PLC的X6接通，机械手又开始下一次的喷漆工作。

7.5　PLC桥式起重机检测控制电路

在工程机械电气设备中，桥式起重机适用于冶金、水泥、化工及其他企业的仓库和车间，在室内或露天的固定空间，从事矿石、石灰石、矿粉、焦渣、焦炭、煤、矿等散粒物料的搬运工作。由于该类设备笨重，运输安装困难，对其产品质量的检测一般要在现场进行。

由于对桥式起重机的检测需要在现场进行，就要求检测控制设备接线方便、便于携带、工作可靠、控制灵活，而PLC恰恰可以满足这些要求。本例讲解PLC在桥式起重机质量检测控制中的应用。

1. 检测系统的控制要求

桥式起重机有三个主要的执行工作机构：升降机构、进退机构、左右运行机构。对桥式起重机的质量检测，主要是针对工作机构在空载和加载两种工况下的运行情况进行检测。空

载检测时，要求系统运行时间不少于 1h；加载检测时，要求加载到 1.1 倍额定负载，并按控制要求反复 1h。对检测过程的控制要求如下：

1）检测进退机构运行时，机构的运行顺序是：前进 30s，停 45s，后退 30s，停 45s；每一个周期为 150s。

2）当进退机构一个周期结束 1s 后，进行左右检测，左行 14s，停 23s，右行 14s，停 23s，左右运行一个周期 75s。

3）检测升降机构运行时，升降机构在进退机构起动 15s 后起动，即在左右运行机构工作 14s 后停止时起动，上升 10s，停 15s，下降 10s，停 15s，一个周期为 50s。

4）为了安全起见，起重机任意两个机构不能同时起动，但可同时运行；同时，要求三个机构不能同时运行。

5）为了适应不同的现场要求，要求检测设备有随机手动控制功能，以保证运行灵活性和安全性。

2. PLC 选型和 I/O 定义

根据桥式起重机检测过程的控制要求，PLC 控制系统的输入包括：自动运行开关的输入信号，手动前进、后退开关信号，手动左行、右行开关信号，手动上升、下降开关信号，共计 7 个开关量输入信号。PLC 控制系统的输出包括：前进、后退接触器驱动信号，左行、右行接触器驱动信号，上升、下降接触器驱动信号，电铃和指示灯驱动信号，共计 8 个开关量输出信号。

根据系统的 I/O 点数，并考虑裕量，可选用日本三菱公司的 F1－40MR，其 I/O 点数为 24 点输入/16 点输出。系统 I/O 定义见表 7-7。

表 7-7　PLC 的 I/O 定义表

序号	输出元件	输出地址	输出元件	输出地址
1	自动运行开关 S1	X400	指示灯	Y430
2	手动前进开关 S2	X401	前进接触器 KM1	Y431
3	手动后退开关 S3	X402	后退接触器 KM2	Y432
4	手动左行开关 S4	X403	左行接触器 KM3	Y433
5	手动右行开关 S5	X404	右行接触器 KM4	Y434
6	手动上升开关 S6	X405	上升接触器 KM5	Y435
7	手动下降开关 S7	X406	下降接触器 KM6	Y436
8			电铃 B	Y437

3. 桥式起重机检测的 PLC 控制梯形图设计

进退机构的梯形图程序设计如图 7-9a 所示。运行时有手动操作和自动操作两种，如图 7-9b所示自动运行过程如下：

1）当 PLC 开机工作时，通过内部继电器 M71 产生初始化脉冲，使各个计数器（C460 ~ C463）复位。

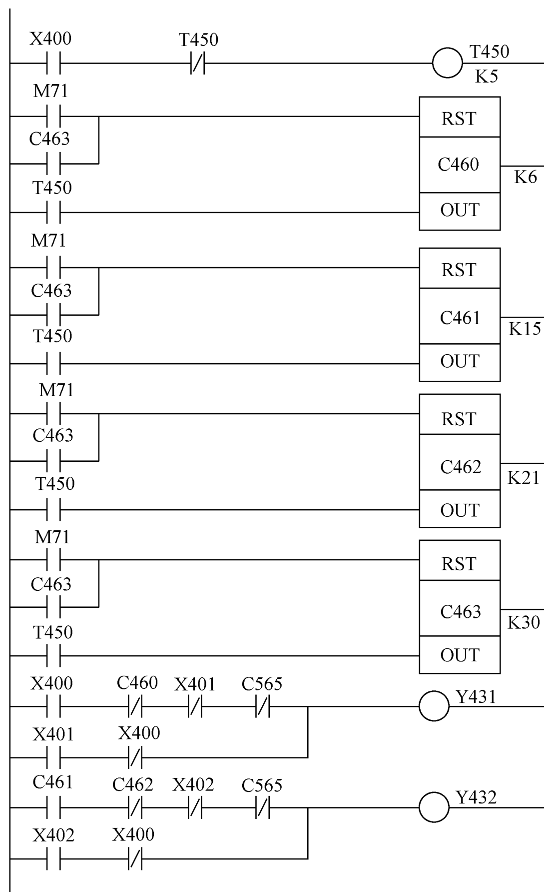
2）当自动运行开关 S1 合上后，X400 的常开触头闭合，Y431 线圈接通，进退机构执行元件前进，接触器通电，起重机开始前进；同时，所有的定时器、计数器开始工作，定时器 T450 每 5s 产生一个脉冲，脉冲的保持时间为一个扫描周期，为计数器提供扫描信号。

3）当 C460 计数到 6 时，C460 的常闭触头断开，使 Y431 线圈断电，进退机构停止前进。

4）再过45s，C461计数到15，C461的常开触头闭合，Y432线圈接通，起重机开始后退；工作30s后，C462计数到21，C462的常开触头断开，Y432线圈断开，使后退停止。

5）休息45s后，C463计数到30，C463的常开触头闭合，使所有计数器复位，又重新计数，进入第二次循环。

梯形图的工作原理做如下说明：



a) 进退机构工作的控制梯形图

图7-9 PLC桥式起重机检测控制电路

1）在原位状态下，按下起动按钮SB1（0000），中间继电器1000得电并自锁（保持一个循环周期），0501得电，封口机开始运行。初始化脉冲1815闭合，保持继电器HR000得电，常开触头闭合，0505得电，机械手从右下限开始上升。

2）上升到上限时，上升限位开关SQ4（0005）动作，其常开触头闭合，HR000失电。0505失电，上升动作结束；同时HR001得电，0502得电。

3）机械手开始左旋，左旋到左限行程开关SQ2（0003）动作，HR001失电，0502失电，左旋动作结束；同时HR002得电，0504得电，机械手开始下降。

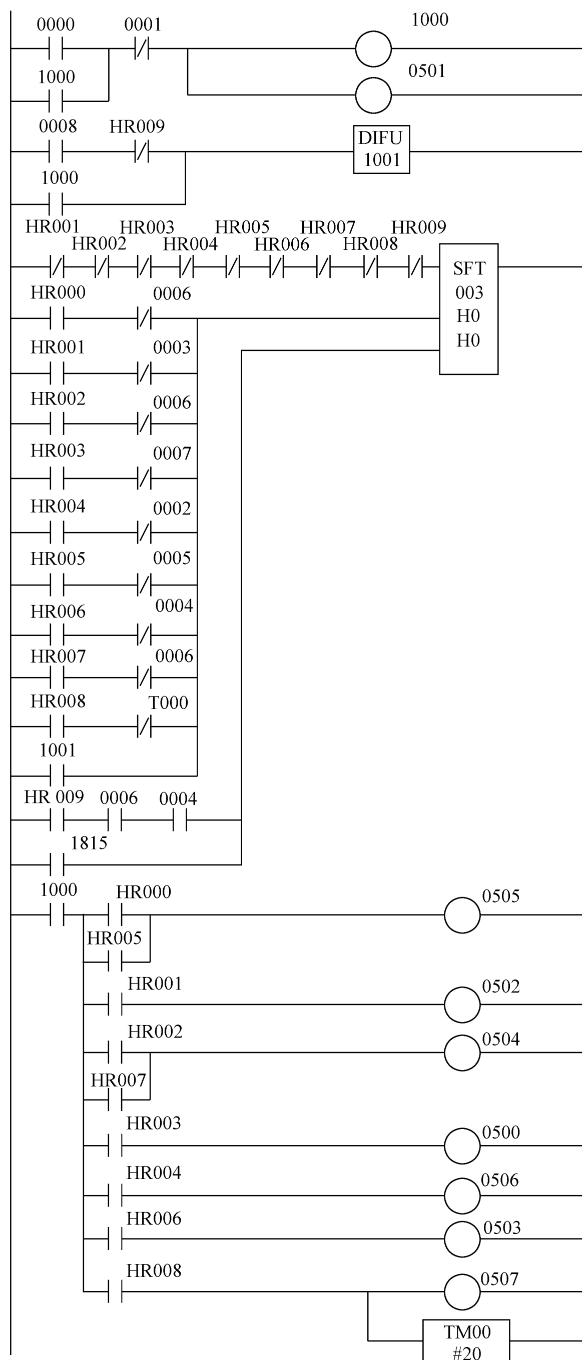
4）下降到下限行程开关SQ5（0006）动作，HR002失电，0504失电，下降动作结束；同时HR003得电，0500得电，上泡盘起动。

5）上泡盘上泡壳进入光电开关测量区，光电开关SQ6（0007）动作，HR003失电，

0500 失电，上泡盘停止；同时 HR004 得电，0506 得电，机械手开始抓泡。

6）当抓泡限位开关 SQ1（0002）动作时，HR004 失电，0506 失电，抓泡动作结束；同时 HR005 得电，0505 得电，机械手开始上升。

7）机械手上升到上限行程开关 SQ4（0005）动作，HR005 失电，0505 失电，上升动作



b) 上泡机械手控制梯形图

图 7-9　PLC 桥式起重机检测控制电路（续）



结束；同时 HR006 得电，0503 得电，机械手开始右旋，右旋到右限行程开关 SQ3（0004）受压动作，HR006 得电，0503 失电，右旋动作结束；同时 HR007 得电，0504 得电，机械手下降。

8）机械手下降到下限行程开关 SQ5（0006）受压动作时，HR007 失电，0504 失电，下降动作结束；同时 HR008 得电，0507 得电，放泡动作结束，同时计数器 T00 得电，开始计时。

9）定时 2s 到，HR008 失电，0507 失电，放泡动作结束；同时 HR008 得电，机械手复位，一个工作循环结束。

如果设置为连续运行，此时 SA（0008）动作，下一个工作循环开始。上泡盘、封口机随机械手起动而开始运行，随动作结束而停止。

7.6 PLC 电镀专用行车控制电路

电动行车是现代化工厂中用于物料输送的重要设备，传统的控制方式下，大都采用人工操作的半自动控制方式。在许多场合，为了提高工作效率、促进生产自动化和减轻劳动强度，往往需要实现电动行车的自动化控制。实现自动化控制，可以使行车能够按照预定顺序和控制要求自动完成一系列的工作。本例以工厂电镀专用行车为例，利用 PLC 构成一套自动控制系统，实现对电镀专用行车的自动控制。

1. 拖动系统设计

专用行车的前后和升降运动由三相交流异步电动机拖动。根据电镀行车的起吊重量，选用两台 JO2－12－4 型电动机进行拖动，并采用一级机械减速。

拖动控制系统如图 7-10 所示。其中，行车的前进和后退、上升和下降控制通过电动机的正反转来实现，行车的前后和升降运动停止时，采用能耗制动，以保证准确停位。在平移过程中，升降电动机采用电磁铁制动，以防止吊篮因自重下滑。

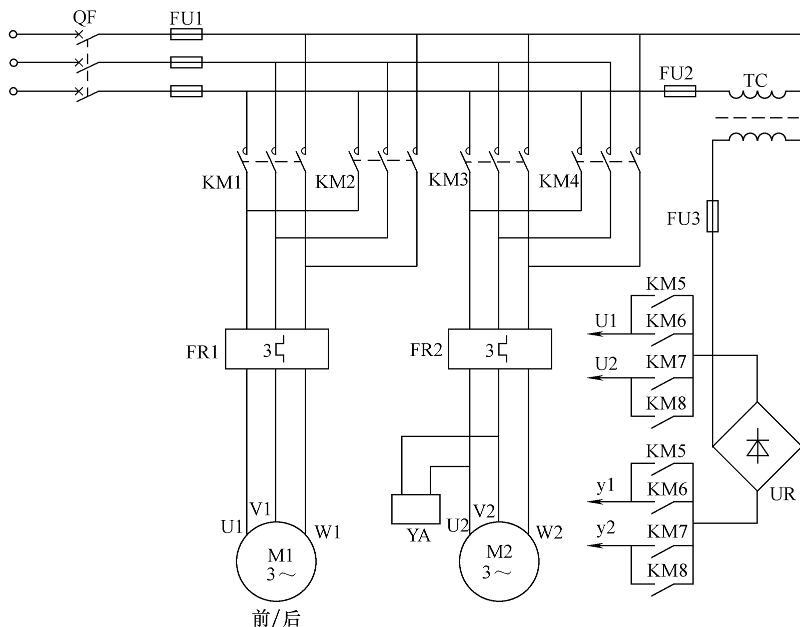


图 7-10 专用行车拖动控制系统

图 7-10 中，接触器 KM1 和 KM2 通过控制“前/后”电动机的正、反转，实现行车的前进和后退；接触器 KM3 和 KM4 控制“升/降”电动机，实现行车的上升和下降；接触器 KM5 和 KM6 控制行车的前、后制动器；接触器 KM7 和 KM8 控制行车的升、降制动器。FR1 和 FR2 为热继电器，起保护作用。

2. PLC 选型及地址分配

根据该专用行车的控制要求，选用三菱公司的 F1－40M 型 PLC，其基本 I/O 点数为输入 24 点，输出 16 点。

在电镀行车 PLC 控制系统中，PLC 的 I/O 点数随电镀槽的数目不同而不同。4 个电镀槽时，共需要 PLC 有 20 点的输入，8 点的输出；每增加一个槽，会增加 2 点的输入，其中一个用于槽位控制行程开关，另一个用于槽位选择开关；而 PLC 的输出点数与电镀槽的数目无关。如果电镀槽的数量较多，可根据需要再配用 F 系列的扩展单元，如选用 F1－20E 型或 F1－40E 型扩展单元等。在本例中，电镀槽的数目为 4 个，无需增加扩展单元。PLC 的 I/O 地址分配情况见表 7-8。

表 7-8　PLC 的 I/O 地址分配表

输入元件代号	输入地址	功能定义	输出元件代号	输出地址	功能定义
SB1	X400	紧急停止按钮	SQ5	X406	向前限位保护行程开关
SB2	X401	起动按钮	SQ6	X407	向后限位保护行程开关
SB3	X402	向前点动调整按钮	SQ7	X410	向上限位保护行程开关
SB4	X403	向后点动调整按钮	SQ8	X411	向下限位保护行程开关
SB5	X404	向上点动调整按钮	FR1	X412	热继电器 FR1 常闭触头
SB6	X405	向下点动调整按钮	FR2	X413	热继电器 FR2 常闭触头
SQ1	X500	第 1 槽槽位行程开关	KM1	Y430	前、后控制交流接触器
SQ2	X501	第 2 槽槽位行程开关	KM2	Y431	
SQ3	X502	第 3 槽槽位行程开关	KM3	Y432	升、降控制交流接触器
SQ4	X503	第 4 槽槽位行程开关	KM4	Y433	
SA1	X404	第 1 槽槽位选择开关	KM5	Y434	前、后制动控制接触器
SA2	X505	第 2 槽槽位选择开关	KM6	Y435	
SA3	X506	第 3 槽槽位选择开关	KM7	Y436	升、降制动控制接触器
SA4	X507	第 4 槽槽位选择开关	KM8	Y437	

3. 电镀专用行车 PLC 控制程序设计

根据电镀专用行车的控制流程和 PLC 的 I/O 地址分配情况，可以设计 PLC 的梯形图程序，部分梯形图如图 7-11 所示。

图 7-11 所示的梯形图由停止、上升、下降、前进、后退、上升制动、下降制动、前进制动和后退制动等环节组成。根据电镀专用行车的控制要求，每一环节除了能满足控制要求外，还充分考虑了各个环节之间的互锁，包括上升、下降、前进、后退 4 个环节之间的互锁，以及上升与上升制动、下降与下降制动、前进与前进制动、后退与后退制动之间的互锁等，以保证系统运行的安全。



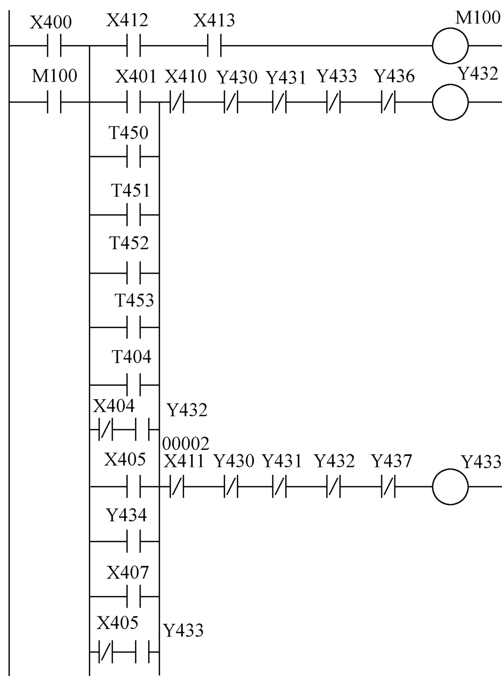


图 7-11　电镀行车 PLC 控制梯形图

7.7　PLC 砂处理生产线控制电路

工业生产中，砂处理生产线由混砂机、带式输送机及其配套设备、生产及除尘等用电设备组成，主要完成型砂、新砂及粘土、煤粉的输送任务。砂处理生产线的主要电设备是连续工作制，采用传统的继电器控制系统，需要采用大量中间继电器和时间继电器，可靠性差，难以保证系统长时间连续工作。虽然用继电器构成一个控制系统的直接投资比 PLC 少，但从系统的寿命及其维修费用来考虑，用 PLC 取代继电器构成一个控制系统是合适的。本例论述采用 PLC 实现砂处理生产线的控制问题。

1. 系统控制方案

对于 PLC 控制系统的构成问题，从 I/O 点数上考虑，在砂处理系统中，一台中型 PLC 就够了，使用小型 PLC 则需要几台。但是，考虑到砂处理系统可分为几个相对独立的子系统（如旧砂输送、新砂输送、混砂、型砂输送等），各系统之间只有很少几个信号联锁，采用多台小型 PLC 可以将事故分散，更利于提高设备的运行率及系统调试，因此，本系统采用多台 GE－I 型 PLC 的控制方案。

2. 采用计时器设计型砂输送控制

型砂输送系统中，输送带的工艺流程如图 7-12 所示。

该系统的基本控制要求如下：

1）起动时应逆工艺流程延时起动，其起动顺序如图 7-13 所示。

2）停止时，全部设备同时停机。

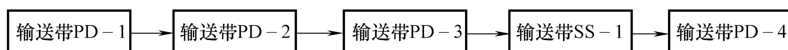


图 7-12　输送带的工艺流程

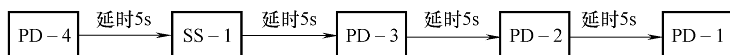


图 7-13　输送带起动顺序

3. 采用鼓形控制器设计旧砂输送控制

旧砂输送系统中，输送带的工艺流程如图 7-14 所示。

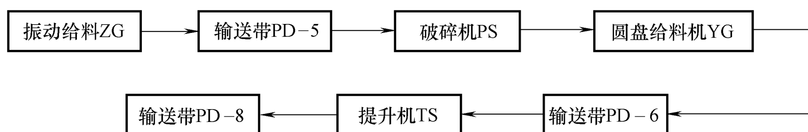


图 7-14　输送带的工艺流程

该系统的控制要求如下：

1）起动时应逆工艺流程延时起动，其起动顺序如图 7-15 所示。



图 7-15　输送带起动顺序

2）停止时应顺工艺流程延时停止，其停止顺序如图 7-16 所示。

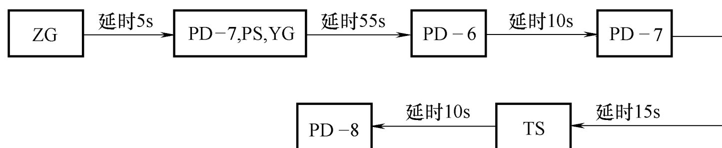


图 7-16　输送带停止顺序

根据系统的特点，采用鼓形控制器来实现上述要求，设计的梯形图如图 7-17 所示。

1）C631、C633 当作鼓形控制器使用，其计数脉冲由 T630 产生，脉冲周期为 5s；C633 在顺序停止时使用，其计数脉冲由 T643 产生，脉冲周期也是 5s。

2）起动信号有效后，T630 每 5s 产生一个脉冲，C631 走一步，相应的一对常开触头闭合，各设备顺序起动。

3）停止信号有效后，T633 每 5s 产生一个脉冲，C633 走一步，当到达相应的时间后，对应的一对常闭触头闭合，各设备顺序停止。



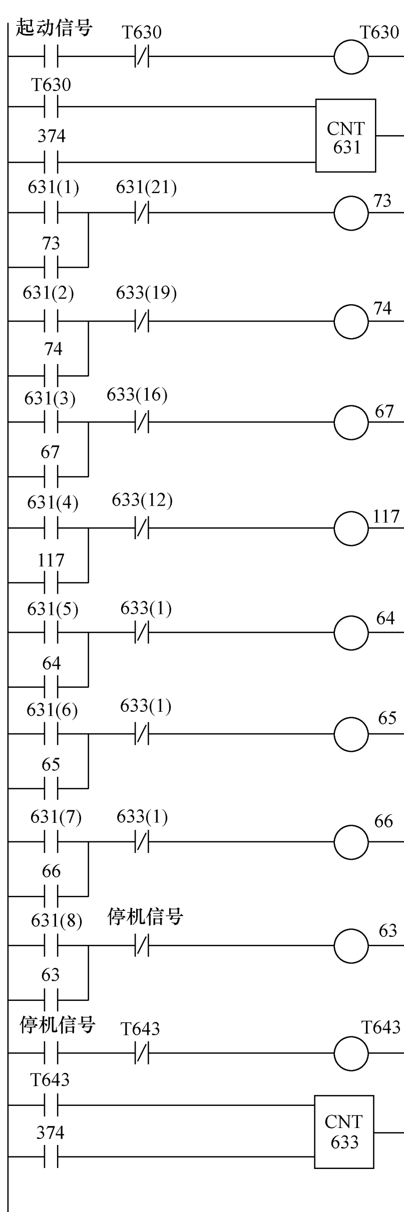


图 7-17 输送带控制梯形图

7.8 PLC 高压离心风机控制电路

目前，风机动力设备的传统控制方法是通过手动或继电器控制，存在着可靠性和灵活性差的问题。比如，由于电动机的容量大，就存在起动花费时间长、起动电流大、运行安全可靠性差等问题。为此，需要采用多项措施实现高压离心风机的自动控制，并保证系统的安全运行。本例讨论 PLC 对高压离心风机进行控制的问题。

1. 系统控制要求

为了解决上述问题，需要采用在起动离心风机时减少起动负荷、通过星－三角转换法来降低起动电流、进行安全互锁控制等措施。风机电动机起动主电路如图7-18所示。其中接触器KM1、KM2接通，KM3断开时，风机电动机线圈为星形联结；KM2、KM3接触器接通，KM1断开，风机电动机线圈为三角形联结；KM1、KM3应互锁。

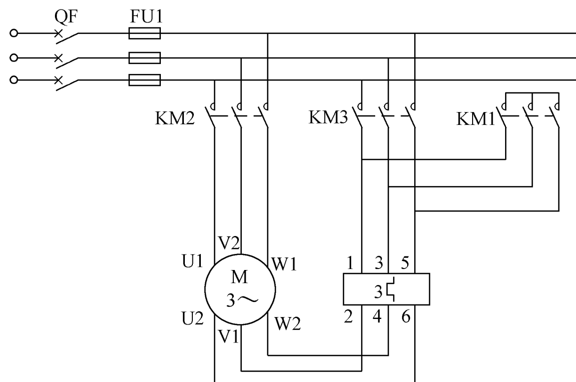


图7-18　风机电动机起动主电路图

2. PLC选型及I/O定义

系统由一台OMROM公司生产的CQM1型PLC进行控制。PLC的I/O地址分配见表7-9。

表7-9　PLC的I/O地址分配表

序　号	输出元件	输出地址	输出元件	输出地址
1	起动按钮	00000	阀门位置指示灯（黄灯）	00100
2	阀门位置开关	00001	风机运行指示灯（绿灯）	00101
3	停止运行按钮	00002	过热保护指示灯（红灯）	00102
4	热保护继电器	00003	KM1接触器线圈	00104
5			KM2接触器线圈	00105

3. 高压离心风机PLC控制梯形图设计

图7-19是高压离心风机的PLC控制梯形图。其中TIM000用于风机起动时的延时，TIM001用于防电弧内部锁定延时，TIM002用于KM2的滞后接通延时。

工作原理如下：

1）起动风机时，按下起动按钮，若黄灯亮，表示风机阀门未完全关闭，待风机阀门关闭后黄灯灭。

2）黄灯灭后再按下起动按钮，绿灯亮，起动时间定时器工作，接触器KM1、KM2接通，风机电动机线圈呈星形联结，电动机开始起动。

3）60s后风机运转至正常速度，防电弧内部锁定时间定时器开始定时，接触器KM1、KM2断开。

4）内部锁定5s后，接触器KM3接通，KM2滞后3s接通，电动机线圈呈三角形联结。风机转入正常运转。



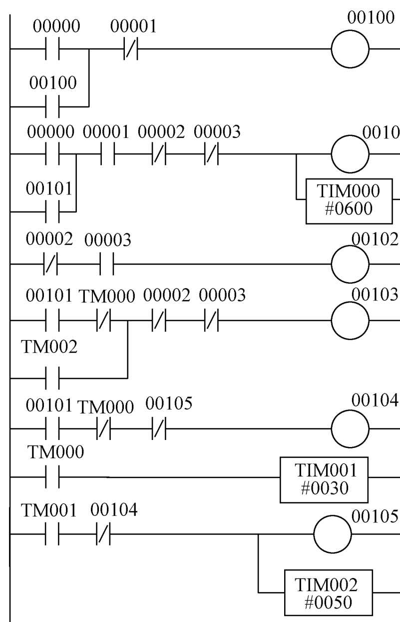


图 7-19 风机控制梯形图

5）若在起动或运转过程中电动机线圈过热，热保护继电器断开接触器 KM2，红灯亮，风机停止运行。

6）若偶遇紧急情况或需要停止风机运行时，按下停止运行按钮，接触器 KM2 断开，风机停止运行。

7.9 PLC 多工步机床控制电路

在机床行业中，多工步机床由于其工步及动作多，控制较为复杂。采用传统的继电器控制时，需要的继电器多，接线复杂，因此故障多，维修困难，费工费时。采用 PLC 控制，可使接线大为简化，不但安装十分方便，而且保证了可靠性，减少了维修量，提高了工效。

1. 控制要求分析

锭脚加工机床的电气控制主电路如图 7-20 所示。

使用该机床进行加工，工件由主轴上的夹头夹紧，并由主轴电动机 M1 带动，做旋转运动。大拖板带动回转工作台，作横向进给运动，其进给速度由工进电动机（慢速电动机）M2、快进电动机（快速电动机）M3 经电磁气阀（DT2）离合器带动丝杠控制。小拖板的纵向运动由电磁气阀（DT1）气压控制。

对于 7 把刀具，除第 2 把刀（完成第 2 工步，即车平面）是由小拖板纵向运动切削外，完成其余 6 个工步的 6 把刀均由大拖板带动回转工位台（六角）横向运动切削，每完成一个工步，回转工位台转动一个工位，进行下一工步的切削。为简便起见，本例只对刀具进给运动的控制进行分析和设计。

2. PLC 选型与 I/O 分配

根据对被控对象控制要求的分析，PLC 控制系统的 I/O 点数应为 5 点输入，4 点输出。

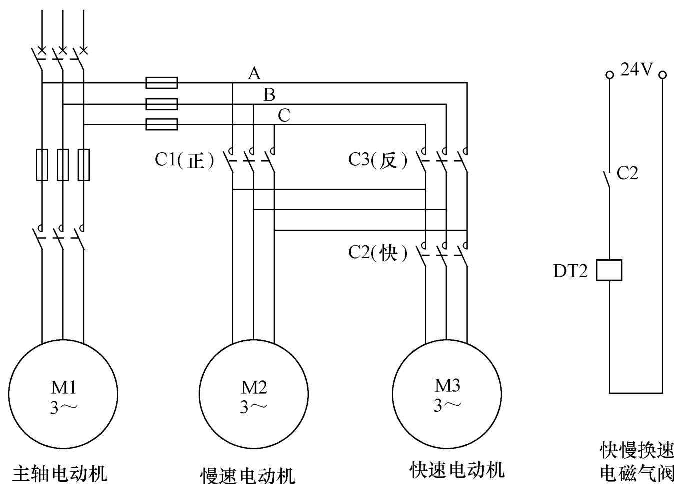


图 7-20 锭脚加工机床电气控制主电路

输入设备包括：起动按钮 QA，限位开关 XK1、XK2、XK3、XK4；输出设备包括：电动机接触器 C1（正转）、C2（反转）、C3（快速），纵向运动电磁阀 DT1。

可见，本例的工艺过程较为固定，且 PLC 的 I/O 点数较少，可考虑选择整体式 PLC，如选用 ACMY－5256 型 PLC，其 I/O 的连线与地址分配如图 7-21 所示。

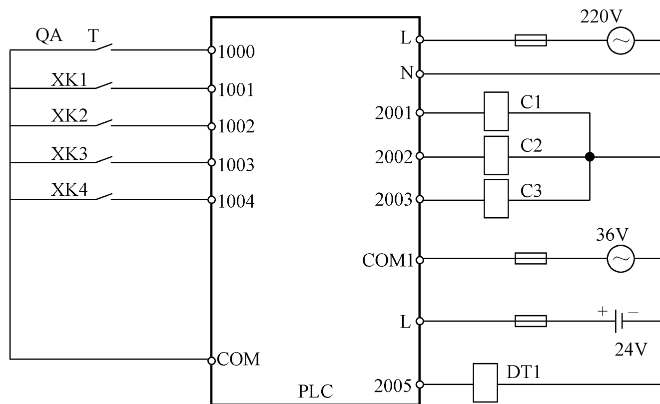


图 7-21 PLC 的 I/O 连接图

3. 多工步机床 PLC 控制梯形图的设计

根据系统的工作过程、控制要求和 PLC 的 I/O 接线图，可以完成 PLC 的控制梯形图的设计，如图 7-22 所示。图中所示的是一工步到四工步的梯形图设计，以后每一工步动作过程的分析方法和第一工步相同。

工作原理如下：

1）第一工步：起动时按下 QA，1000 接通，使 3001 接通并自锁，相继接通 2001 及 2002，快速动作。快进结束压合 XK1，1001 接通，使 3002 接通并自锁，断开 2002，2001 继续接通，转为工进。工进结束压合 XK2，1002 接通，接通 3003 和 5000，断开 2001，工进停

止。经过 1s 延时，使 3004 接通并自锁，断开 3002，从而使 2001 断开，2003、2002 相继接通，转入快退。

2）第二工步：当第一工步快退结束后，压合 XK3，1003 接通，使 3005 接通并自锁，断开 3004，从而相继断开 2003 及 2002，快退停止，同时接通 2005，纵进动作，转入第二工步。当纵进结束时，压合 XK4，1004 接通，使 3006 接通并自锁，断开 3005，从而使 2005 断开，纵进停止，同时又相继接通 2001、2002，快进动作，转入第三工步。

3）以后每一工步动作过程的分析方法与第一工步相同。当进行到第七工步最后一个动作（即快退）结束时，压合 XK3，1003 接通，使 3105 接通，3104 断开，从而相继断开 2003、2002，快退停止，完成了一个周期的动作。

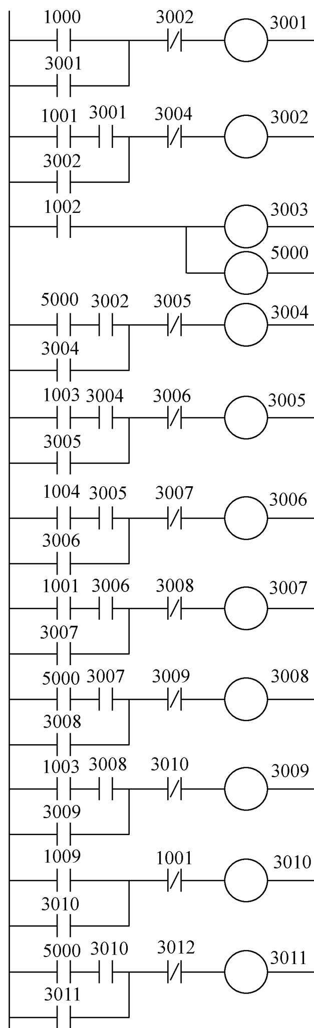


图 7-22　控制梯形图

第 8 章

电动机常用保护电路

8.1 电动机用双闸式保护电路

在一些较小的公司和企业，单位为了节省开支，而且所控制的电动机容量较小（一般不超过 4.5kW）时，可采用双闸式保护电路，一方面可节约开支，另一方面也可保护电动机能正常运行，这种方法简单实用。电动机用双闸式保护电路是用两只刀开关控制电动机，如图 8-1 所示。起动时先合上起动刀开关，它的熔丝额定电流较大（按电动机额定电流 1.5 ~2.5 倍选择），因此在起动时熔丝不会熔断。当电动机进入正常运行后，再合上运行刀开关，拉开起动刀开关。运行刀开关上的熔丝的额定电流要选得小些，等于电动机的额定电流，所以在电动机正常运行的情况下，熔丝不会熔断。但在单相运行时，电流增加到电动机额定电流的 1.73 倍左右，这样大的电流可以使运行刀开关的熔丝熔断，断开电源，保护电动机不被烧毁。

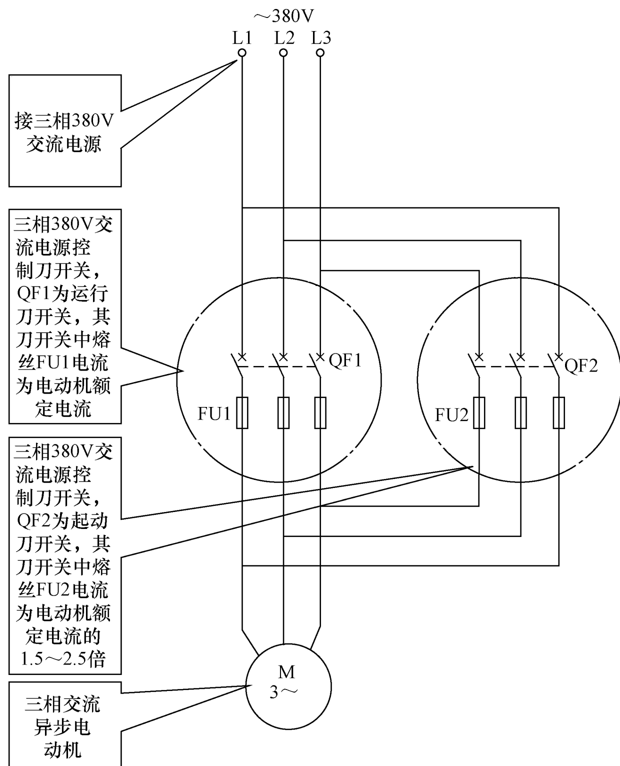


图 8-1 电动机用双闸式保护电路

8.2 安全电压控制电动机起停电路

用安全电压控制电动机起停电路在工厂应用很广泛，主要用于操作环境条件极差、潮湿、易发生漏电的工作场所，保证人体在接触按钮时，即使按钮漏电，也不会造成触电危险。它采用一台行灯变压器为控制电路供电，并使交流接触器线圈的吸合电压选为36V。其工作原理与常规的电动机起停电路完全一样，电路如图8-2所示。

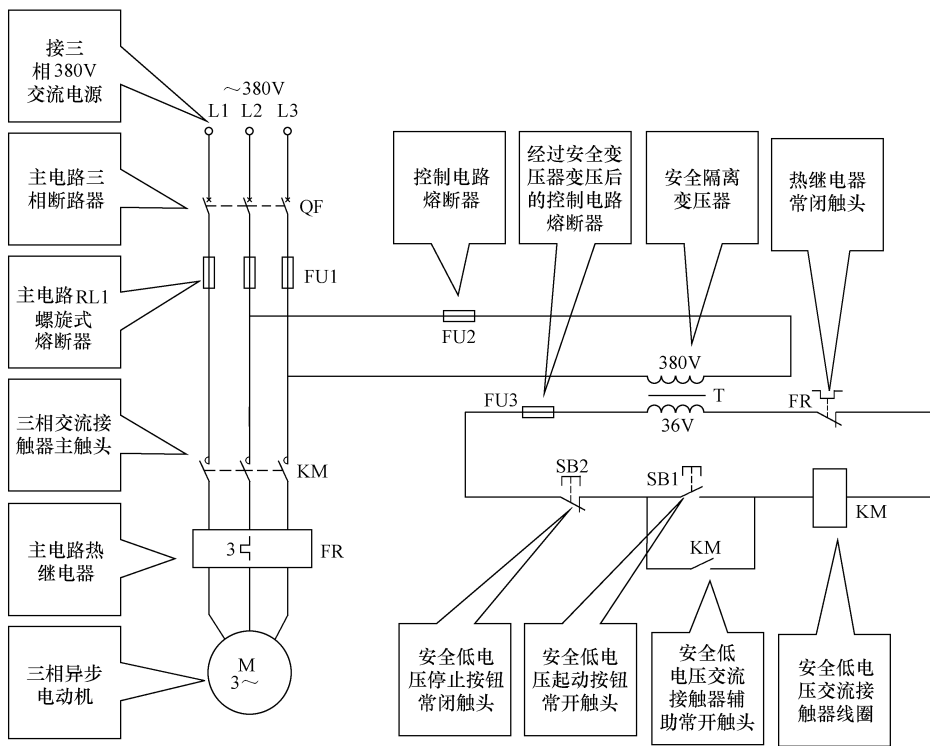


图8-2 安全电压控制电动机起停电路

8.3 电动机保安接地电路

我们国家在安全生产上对电气设备有一定的规定要求，这就要求电工在作业中为了保证工作人员的安全，将电动机的金属外壳用导线接地（最好选择截面积在6mm^2以上的BVR导线，电动机容量大时，还应增加导线截面积，以确保安全）称保安接地。当电动机外壳漏电时，产生的大电流将熔断电动机熔丝，使人身安全得到保证。其接地电路如图8-3所示。

使用此方法做保安接地保护时，应使接地电阻小于4Ω，且只能用于小功率的电动机。在应用中还要注意一点，那就是在同一电网电力系统中，不允许一部分电气设备外壳采取接地保护，而另一部分电气设备外壳采用接零保护。

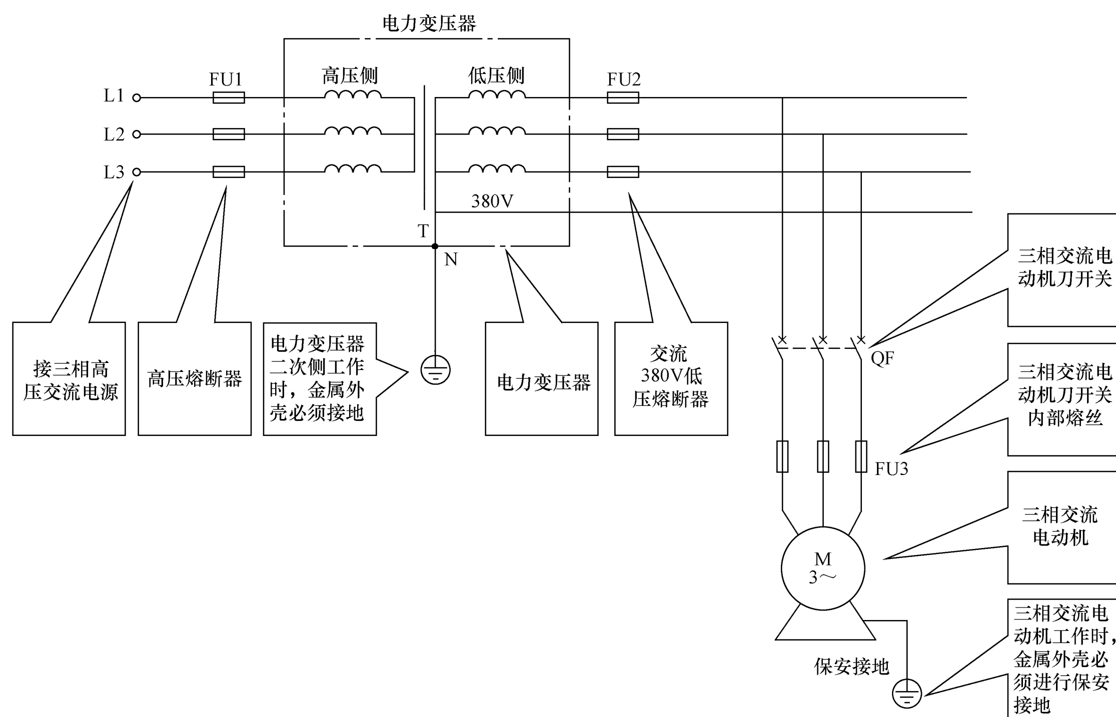


图8-3　电动机保安接地电路

8.4　电动机保安接零电路

与上例国家安全生产要求的规定一样，为了保证人身安全，将电动机的金属外壳与三相四线制的零线连接，称为保安接零，如图8-4所示。一旦电动机线圈绝缘被破坏，外壳发生漏电现象，则在相线、电动机金属外壳和中性线间产生短路，迅速熔断电动机的熔丝，把电源隔开，从而保护人身安全。这种方法在全国都得到广泛应用，实践证明，对保障人身安全及电气设备的安全起着至关重要的作用。

在应用此方法时，应注意在同一三相四线制电网中，不允许一部分电气设备采用接零保护，而另一部分电气设备采用接地保护。



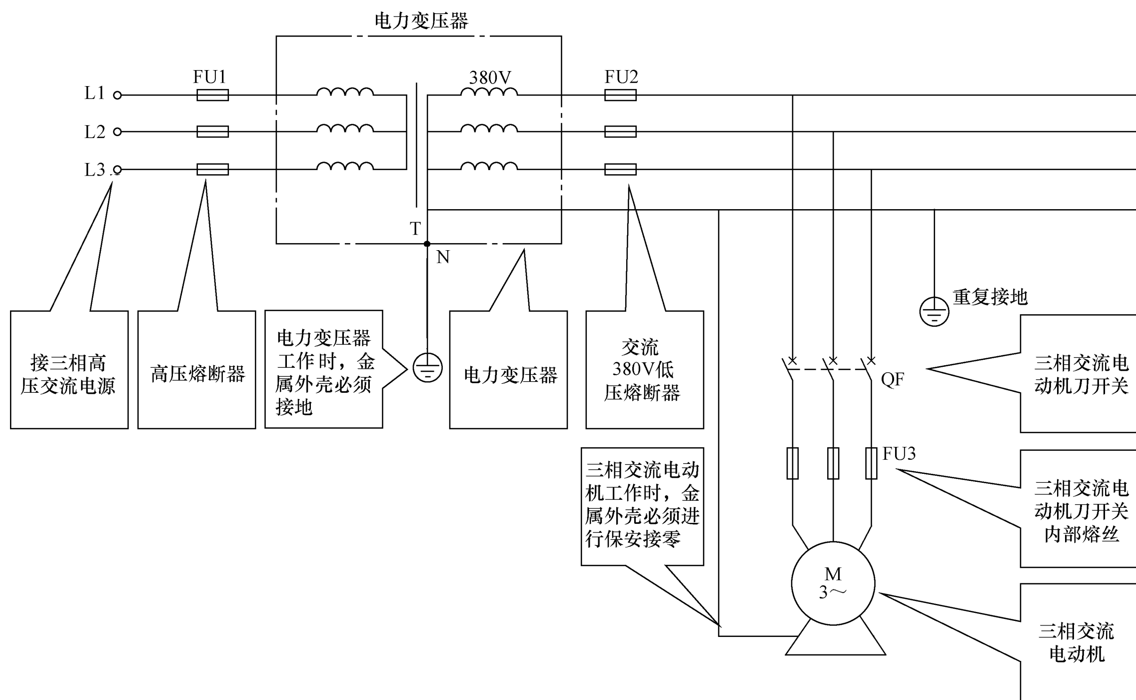


图 8-4　电动机保安接零电路

8.5　增加中间继电器做简易断相保护器电路

在工作中常见的一般电动机控制电路使接触器吸合的电源是从两相上引出的，常规方法有可能会造成电动机两相运转的可能。在普通的电动机起停电路中加一中间继电器 KA，其吸合电压为 380V，这使 KA 在 L3 相电源有电的情况下，其常开触头才能闭合，从而保证 L1、L2、L3 三相都有电，接触器 KM 才能得电工作，起到电动机断相保护作用。电路如图 8-5 所示。

此电路一般应用于电动机负荷较重的工作场合，如果电动机负荷较轻，一旦电动机在运行中，熔丝熔断使其中一相断电，由于其他两相电源通过电动机可返回另一相断电的线圈上，虽然电压较低，但接触器线圈仍可继续吸合，故难以起到保护电动机的目的。

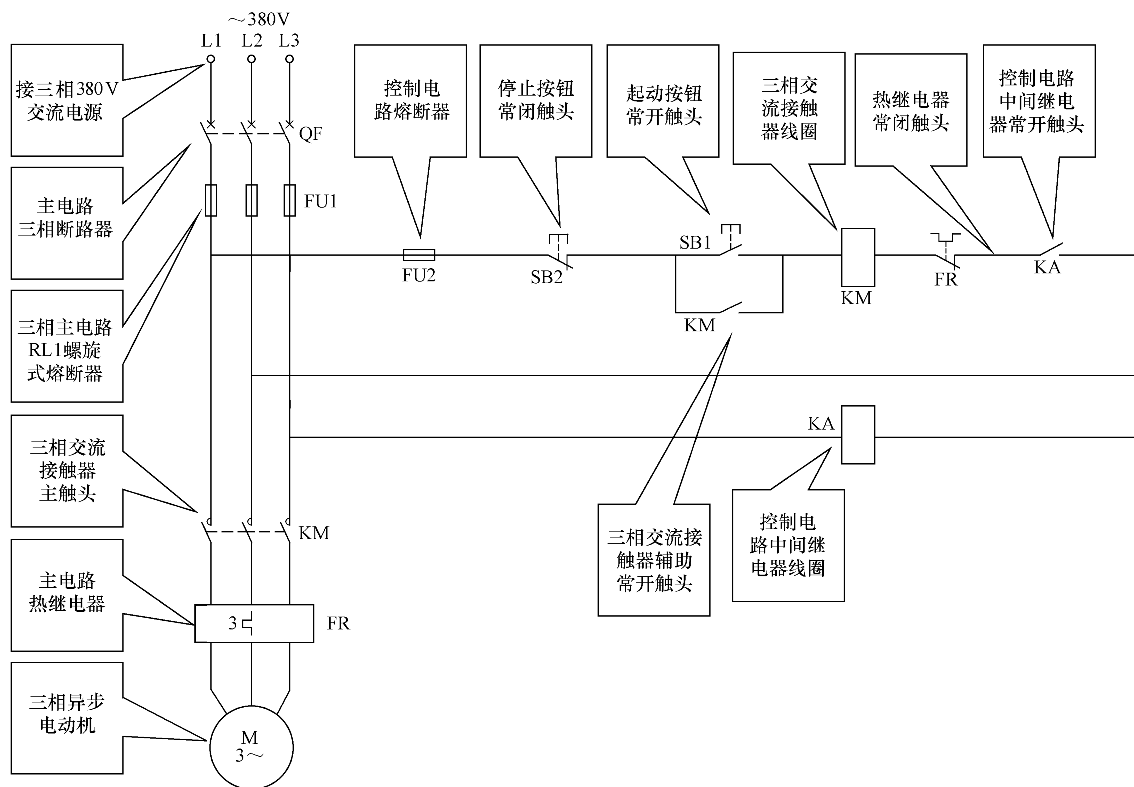


图 8-5　加一中间继电器做简易断相保护器电路

8.6　电动机过电流保护电路

下面介绍一种电动机过电流保护电路，它也能有效地保护较大型电动机的过电流问题。

图 8-6 所示是一种三相电动机过电流保护电路，电路使用一个互感器来感应电流，在三相电动机电流超过正常工作电流时，过电流继电器 KI 达到吸合电流而吸合，其常闭触头断开，KM 失电释放，使主电路断电，从而保护电动机过电流时断开电源。

在电动机起动时，电流较大，用时间继电器的常闭触头先短接电流互感器，避免电动机起动电流流过 KI 而产生误动作。待电动机起动完毕后，电流降为正常，时间继电器 KT 经延时后动作，其延时断开常闭触头断开，延时闭合常开触头闭合，把 KI 接入电流互感器电路中。



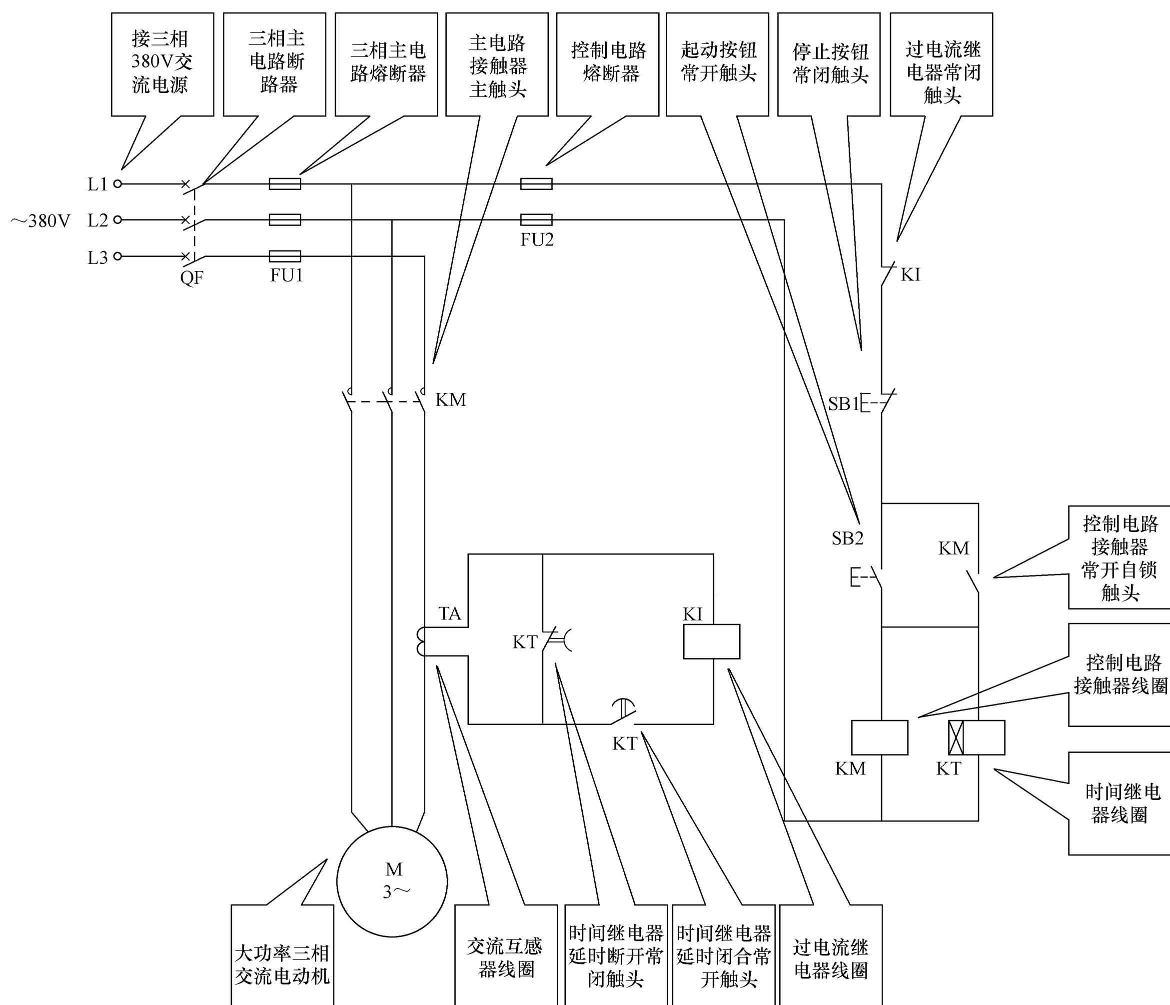


图 8-6　电动机过电流保护电路

8.7　晶闸管断相保护电路

在工作中，对线圈工作电压为380V的交流接触器而言，线圈只能接在三相相线中的任意两相上。如果这两相中的任意一相断路，接触器线圈就会失电释放，切断电动机的工作电源。但是，如果断路发生在这两相以外的另一相，则交流接触器仍将继续工作，造成电动机断相运行，严重时可使电动机烧毁。如果采用断相保护电路，则可防止这种事故的发生。

采用晶闸管的断相保护电路如图 8-7 所示，合上电源开关 QF，按下按钮 SB2，交流接触器 KM 的线圈得电吸合，其主触头闭合，电动机起动运行。电流互感器 TA 有感应信号输

出，双向晶闸管 VTH 被触发导通，起到接触器辅助触头自锁的作用。松开 SB2 后，接触器 KM 仍保持吸合，电动机 M 继续运行。

当三相交流电源中的 L3 相断路时，晶闸管失去触发信号而关断，KM 失电释放，电动机 M 的工作电源被切断，实现断相保护。如果是 L1 相或是 L2 相断路，则接触器 KM 的线圈将失去工作条件，使 KM 线圈失电释放，切断电动机电源，完成断相保护的任务。

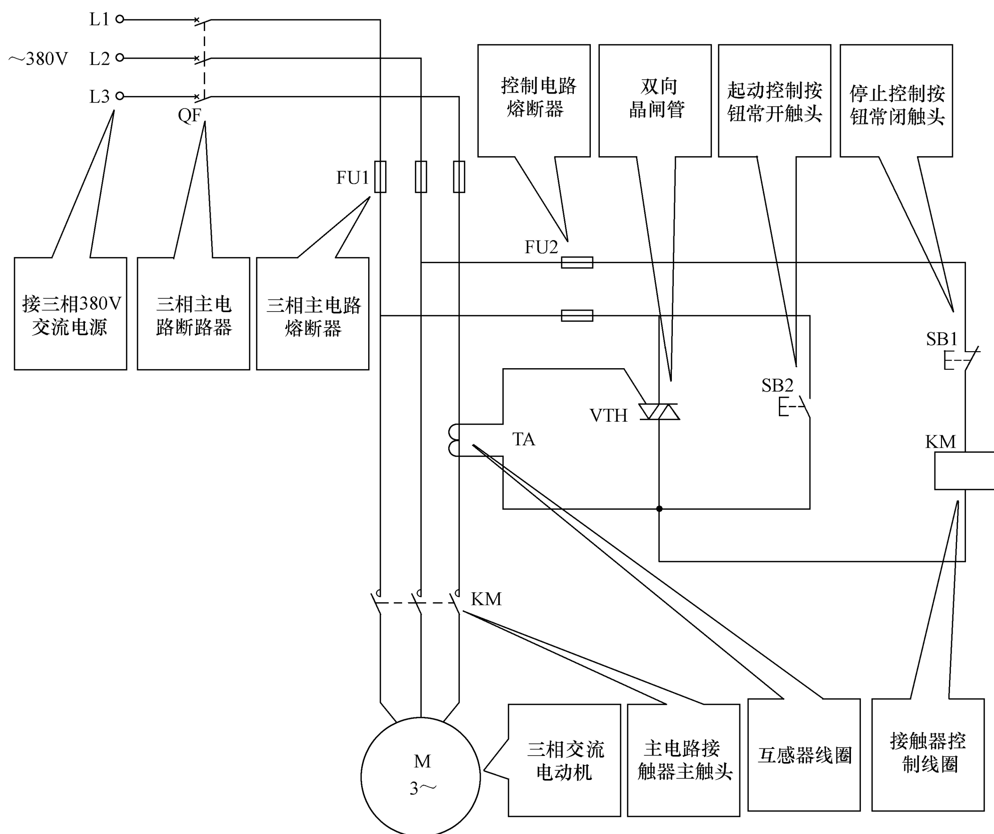


图 8-7　晶闸管断相保护电路

8.8　零序电压断相保护电路

下面介绍一种零序电压断相保护电路，如图 8-8 所示，电容器 C1 ~ C3 接成人为中性点“E”。当电动机正常运行且三相电源平衡时，“E”点电位为零，变压器 T2 无输出，晶体管 VT 截止，继电器 KA 不吸合，其常闭触头保持闭合，电动机正常运行。当三相电源断相或三相不平衡时，“E”点电位高于零电位，通过变压器耦合，经 VD1 整流，C5 滤波，再经稳压管 VS、电阻 R1、电容 C6 延时加至晶体管 VT 基极，使其导通，继电器 KA 得电吸合，其常闭触头断开，使 KM 失电释放，电动机 M 失电停转。

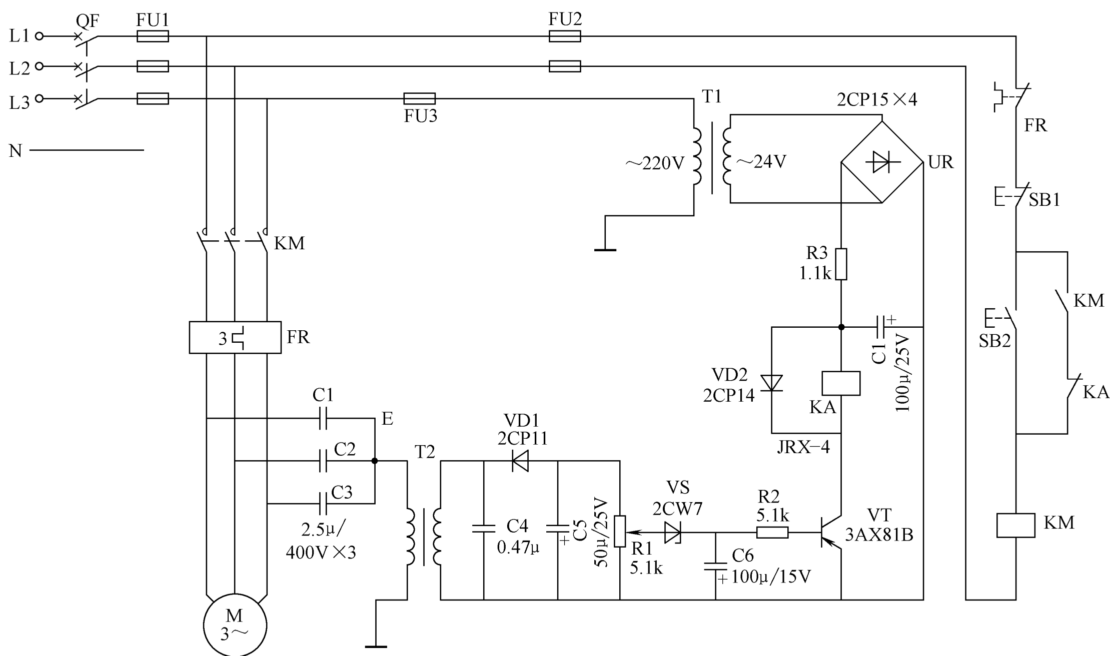


图 8-8 零序电压断相保护电路

8.9 节电式零序电压断相保护电路

一种节电式零序电压断相保护电路如图 8-9 所示。该电路动作灵敏，在电动机断相时间小于或等于 1s 时，继电器便会动作。该电路无论负载轻重，也无论是Y联结的电动机，还是△联结的电动机均可使用。

由于在三相电源上接入三个电容进行运行工作，电容在低压交流电网上能起到无功功率补偿的作用，故该保护电器在正常工作时，不浪费电能，相反还会提高电动机的功率因数，减少无功功率的损耗，可称是一个小型节电器。

该电路适用于 0.1～22kW 的电动机。换用容量更大的继电器，则可在 30kW 以上的电动机上使用。

电容 C1～C3 接成人为中性点“E”。当电动机运行正常和三相电源平衡时，“E”点电位为零，经 UR 整流后无电压输出，继电器 KA 不吸合，其常闭触头保持闭合，电动机正常运行。当电动机电源某一相断相时，“E”点电位升高，当达到 12V 时，KA 得电吸合，其常闭触头断开，接触器 KM 失电释放，切断电动机电源，电动机 M 停转。

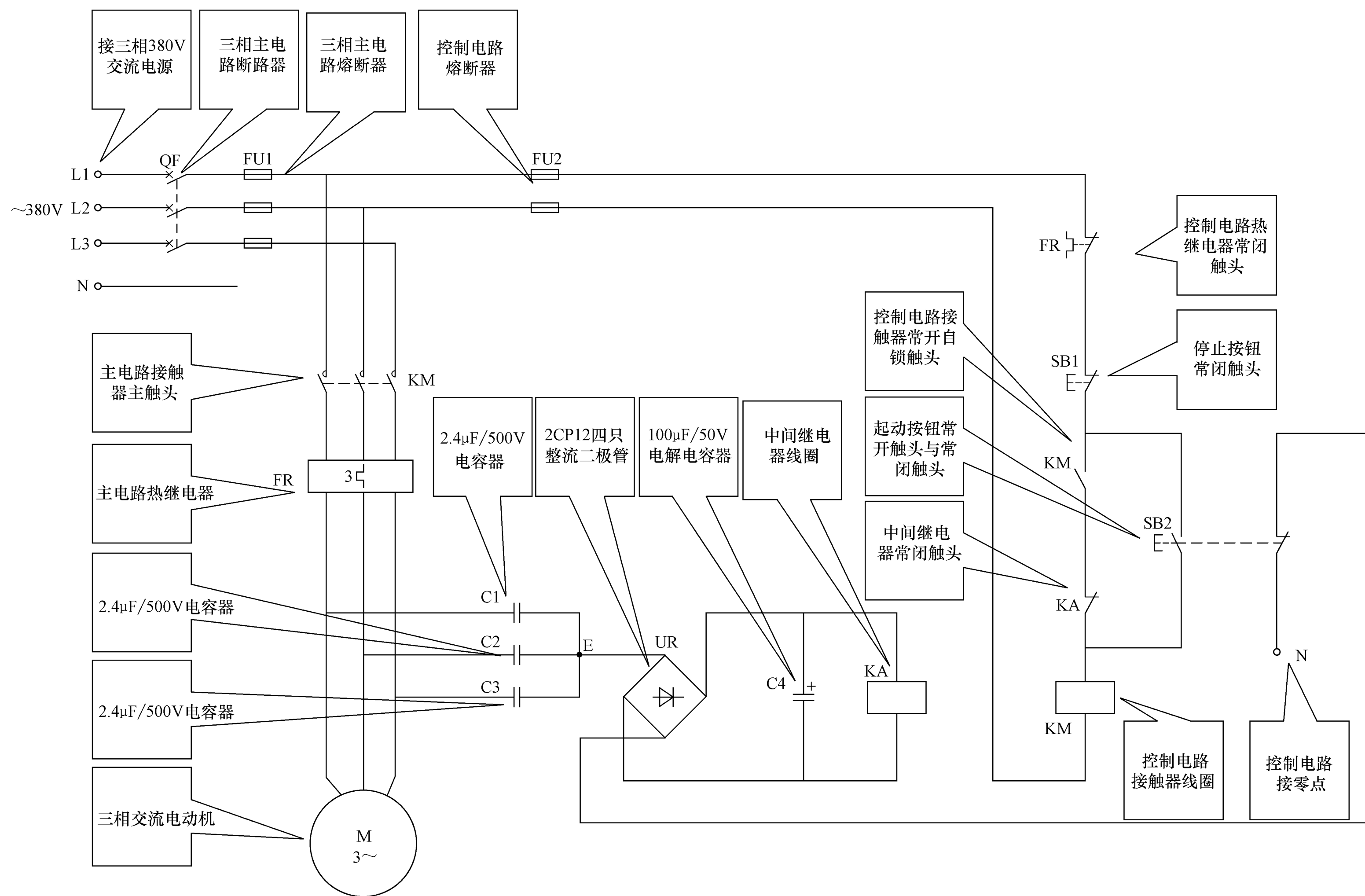


图 8-9　节电式零序电压断相保护电路

8.10 欣灵 HHD2 电动机保护器典型应用电路

欣灵 HHD2 电动机保护器典型应用电路如图 8-10 所示。将电动机进线穿过欣灵保护器的穿线孔，把交流接触器线圈的控制电路串入保护器两个接线端子。

当电动机发生断相、过载或三相电流不平衡等故障时，保护器内部的无触头固态式交流电子开关立即将 KM 线圈电源关断，使电动机 M 停止工作。

注意事项如下：

1）HHD2 电动机保护器的输出接口是无触头固态式交流电子开关，故检验开关的通断特性时不能用万用表的欧姆挡测量。

2）如果该系列保护器动作后要重新起动，须切断控制电路使保护器的输出接口断电复位，否则保护器将拒绝起动。

3）该系列保护器的输出接口不能控制直流接触器类设备，如用户使用的交流接触器的线圈电压大于 380V 或电流大于 1A 时须用中间继电器转换接口。

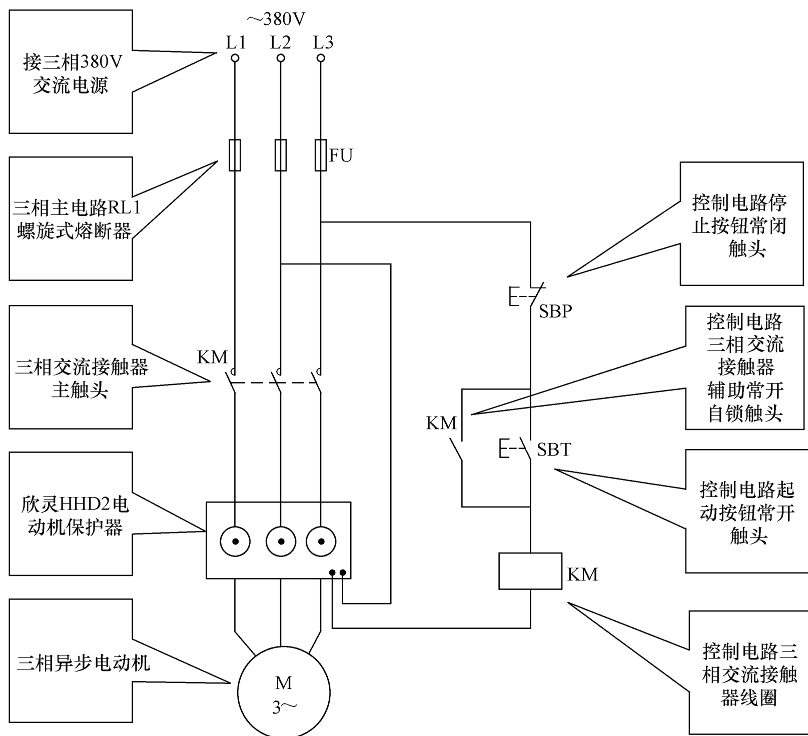


图 8-10　欣灵 HHD2 电动机保护器典型应用电路

8.11 利用三个电流互感器和一个电流继电器作电动机断相保护电路

利用三个电流互感器和一个电流继电器作电动机断相保护电路如图 8-11 所示。将三个电流互感器 TA1 ~ TA3 并联接在电流继电器 KI 线圈两端，KI 的常闭触头与接触器 KM 自锁触头相串联。电路工作正常时，三相电流之和为零，无电流流过 KI，其常闭触头串入接触器 KM 自锁支路，不影响电动机 M 的正常起动与运转。当三相电动机断相时，三相电流不平衡，不平衡电流流经 KI，KI 吸合动作，其常闭触头断开，使 KM 失电释放，切断电源，电动机停转。

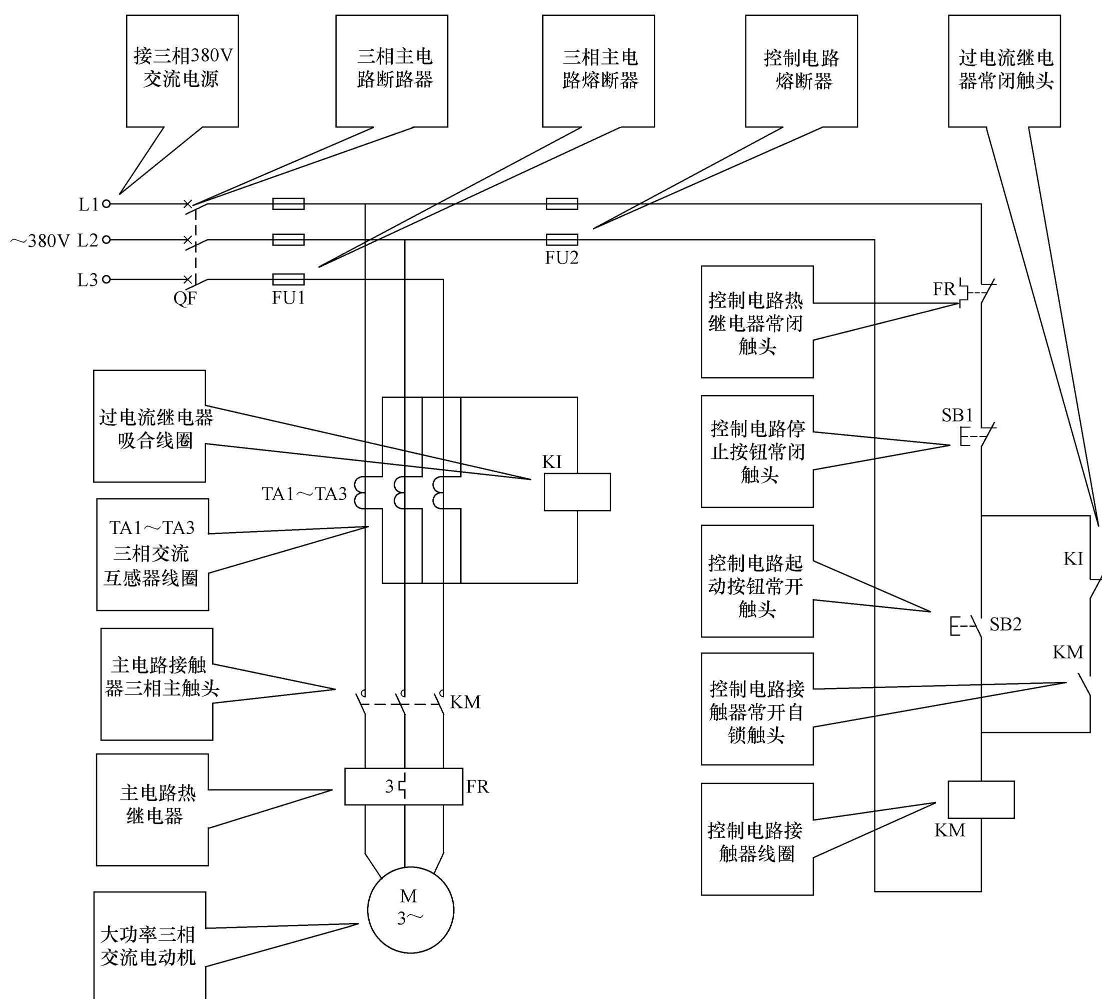


图 8-11 利用三个电流互感器和一个电流继电器作电动机断相保护电路



8.12 Y联结电动机断相保护电路

图8-12所示是一种Y联结的电动机断相跳闸装置，此电路适用于7.5kW以下的电动机。

按下起动按钮SB2，接触器KM得电吸合并自锁，电动机起动正常运行。当三相交流电中某一相断路时，电动机的中性点出现电位差。此电压经过整流、稳压，使继电器KA得电吸合，其常闭触头断开，使接触器KM失电释放，KM主触头断开，电动机M断电停转。

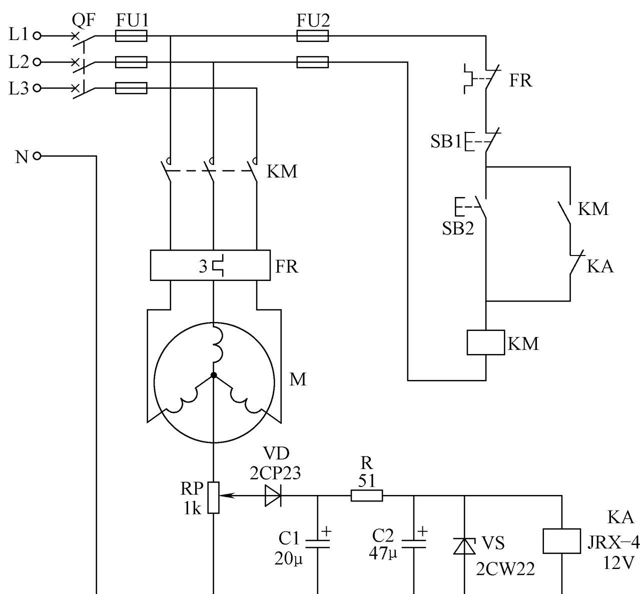


图8-12 Y联结电动机断相保护电路

8.13 工泰GT－JDG1电动机保护器电路

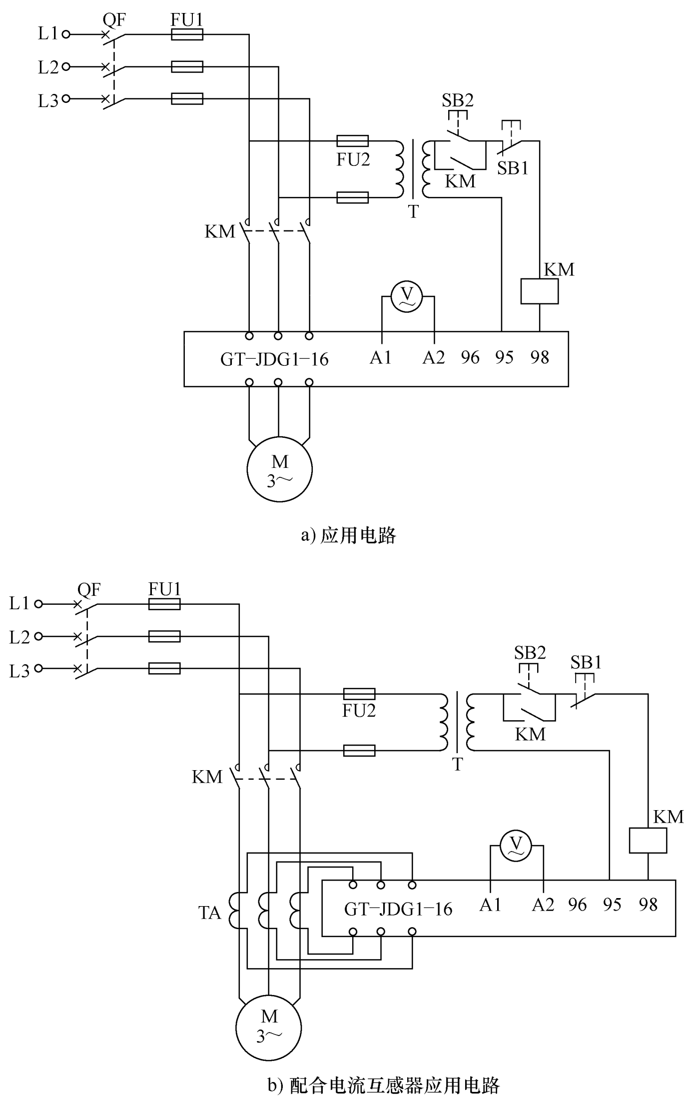
近年来，由于电气新产品的不断涌现，使电工在工作中能得心应手地去应用一些成型、成熟地电气设备，这为电工朋友提供了更广阔的用武之地，下面介绍的一种电动机保护器就是一种电动机保护成型的电器设备。

工泰GT－JDG1保护器与交流接触器组成的电动机保护电路，主要用于对交流50Hz或60Hz、额定电流600A及以下三相电动机在运行中可能出现的断相、过载、堵转、三相不平衡等故障进行保护，是热继电器的更新换代产品。

GT－JDG1保护器有16A、20A、120A、160A和600A等型号。本例中采用的是GT－JDG1－16型保护器，由于电流小，主电路直接接至保护器主触头上。端子A1、A2接一个电压表，端子95、98内接保护器一对常闭触头，只要保护器动作，端子95、98即断开，从而断开电动机电源，如图8-13a所示。

GT－JDG1－16型保护器如果配合电流互感器使用，则能使较小容量的16A保护器用来

保护功率较大的电动机，电路如图 8-13b 所示。



a) 应用电路

b) 配合电流互感器应用电路

图 8-13 工泰 GT－JDG1 电动机保护器电路

8.14 新中兴 GDH－30 系列数显智能电动机保护器电路

下面介绍一种新颖的电动机保护器，这种新中兴 GDH－30 系列数显智能电动机保护器具有显示直观、控制精度高、保护功能齐全、工作稳定等优点，同时还具有三相电流的动态监视、三相电流不平衡度监视、最大电流值和起动时间监视等功能。

新中兴 GDH－30 系列数显智能电动机保护器的典型应用电路如图 8-14 所示。保护器的端子 1、2、3 接电流互感器 TA1、TA2；端子 4 接地；端子 5、6 接工作电路；端子 7、8、9 可以用导线短接，也可以串接电流表；端子 10、12 为常闭触头，通常串入外接控制电路中。



当电路出现故障时，保护器动作，使接触器 KM 失电，从而保护电动机。

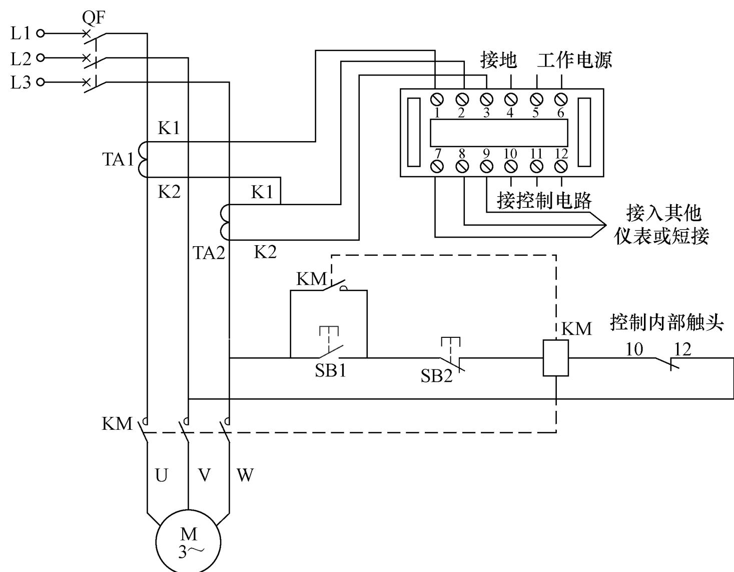


图 8-14　新中兴 GDH－30 系列数显智能电动机保护器电路

8.15　普乐特 MAM－A 系列电动机微电脑保护器电路

普乐特 MAM－A 系列电动机微电脑保护器以微电脑控制器为核心元件，通过高精度电流互感器检测电流进行 A－D 转换后再经过微处理器进行处理和判断，从而有效地保护电动机。其对过载、断相、堵转、短路、三相不平衡等具有可靠的保护作用，同时具有可选的欠载保护功能、定时停机功能等。它广泛用于机床、冶金、化工、纺织等行业电动机及其他电器的保护。

普乐特 MAM－A 系列电动机微电脑保护器的典型应用电路如图 8-15 所示，作保护器用时，按下按钮 SB2，电动机起动运行，当有断相等故障发生时，保护器 4、5 间断开，3、4 间接通，电动机停转，HL 点亮。

当有定时停机功能时，按下按钮 SB2，电动机起动运行，定时时间到，保护器 4、

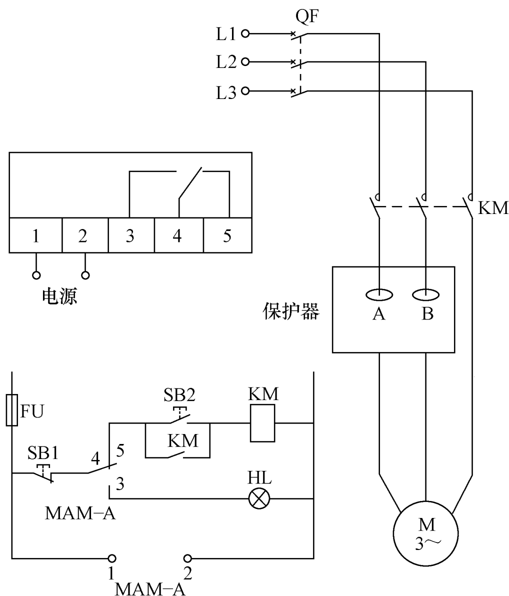


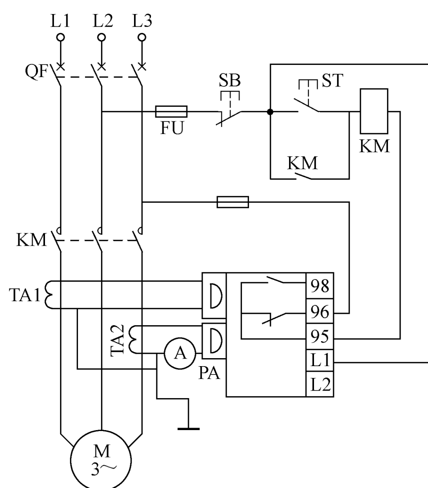
图 8-15　普乐特 MAM－A 系列电动机微电脑保护器电路

5 间断开 2s，电动机停转。

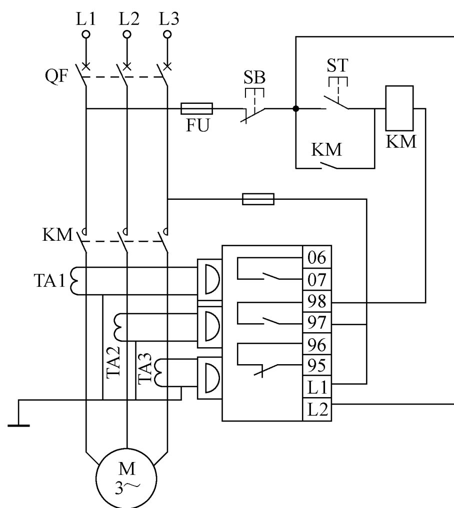
当有欠载功能时，电动机起动后，当保护器检测电流小于设定的欠载电流时，保护延迟 10s 后，4、5 间断开，电动机停转。

8.16 EOCR 系列电动机保护器电路

近年来，电器设备新的成型产品层出不穷，更新换代产品也很多，电工朋友只有了解和掌握更新的产品知识，才能更好地适应当今工作的需要，下面介绍一种电动机保护器。EOCR 系列电动机保护器电路如图 8-16 所示，图 8-16a 所示为 EOCR－SS 型，图 8-16b 所示为 EOCR－3DD 型。EOCR 系列电动机保护器有 05 型、30 型、60 型、100 型，电流调节范围分别是 0.5～5A、3～30A、5～60A、10～120A，超过 60A 可将 05 型与电流互感器匹配使用。起动延迟时间：EOCR－SS 型可在 0.2～30s 内调整；EOCR－3DD 型可在 1～200s 内调整。跳闸动作时间：EOCR－SS 型可在 0.2～10s 内调整；EOCR－3DD 型可在 0.2～25s 内调整。控制电压：220V、440V。复位方式：手动复位或其他方法控制复位。环境要求温度：－20～＋70℃。相对湿度：45%～85%。功率损耗小于 2W。断相保护在 4s 内动作。三相电流不平衡，相间电流差值不超过 50%，延时 8s 动作。



a) EOCR-SS型



b) EOCR-3DD型

图 8-16　EOCR 系列电动机保护器电路

8.17 用继电器保护水浸电动机电路

用继电器保护水浸电动机电路如图 8-17 所示。当按起动按钮 SB2 时，KM 得电并自锁，电动机 M 起动运转。如果此时有水进入电动机，且淹没探针 A，通过水使 A 与机壳接通，继电器 K 吸合，其常闭触头断开，KM 失电释放，电动机 M 停转。同时，HA 鸣响报警。

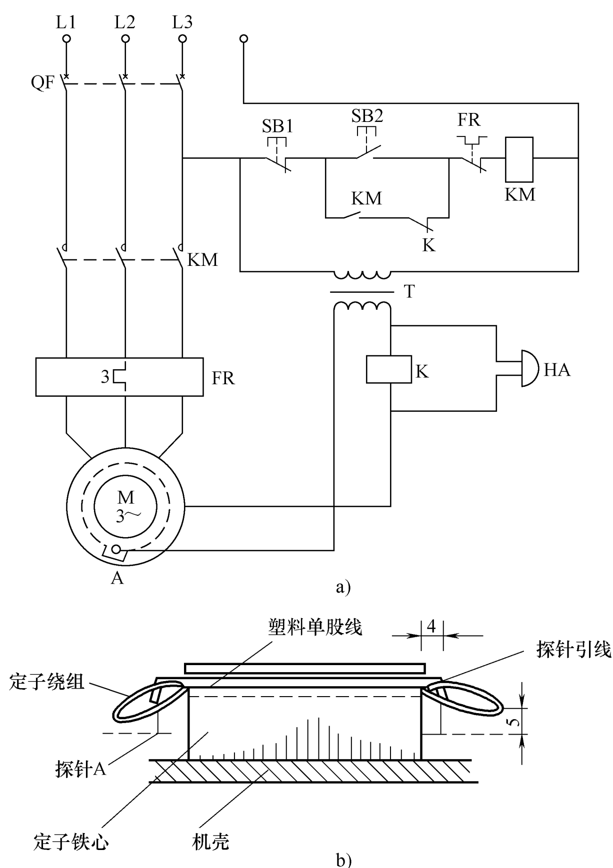


图 8-17　用继电器保护水浸电动机电路

8.18　瑞新 GDBT6－BB 电动机保护器典型应用电路

近年来，随着电器产品的不断升级换代，不少成型的电器保护器也越来越多，这对保护电器设备运行安全，起了非常重要的作用。下面介绍一种瑞新 GDBT6－BB 电动机保护器典型应用电路，供电工朋友根据自己工作中的需要，去选择应用。

瑞新 GDBT6－BB 电动机保护器典型应用电路如图 8-18 所示。电动机的三相电源线分别穿过 GDBT6－BB 保护器 H1～H3 穿线孔，与交流接触器 KM 主触头相接。当工作时按下起动按钮 SBT，电源 L3 经 SBP、SBT、KM 线圈、FU 至 L2，KM 吸合，电动机起动。松开 SBT，L3 经 KM 辅助触头、保护器的 3、4 常闭触头、KM 线圈至 L2，使 KM 自锁，电动机运转。

如需停止电动机运行时，按动一下 SBP，KM 线圈失电释放，电动机 M 停转。

若是电动机发生断相、过载等故障，保护器内部的触头 3、4 断开，KM 线圈失电释放，从而保护了电动机，瑞新 CDBT6－BB 系列电动机保护器设有发光二极管工作指示和故障指示。

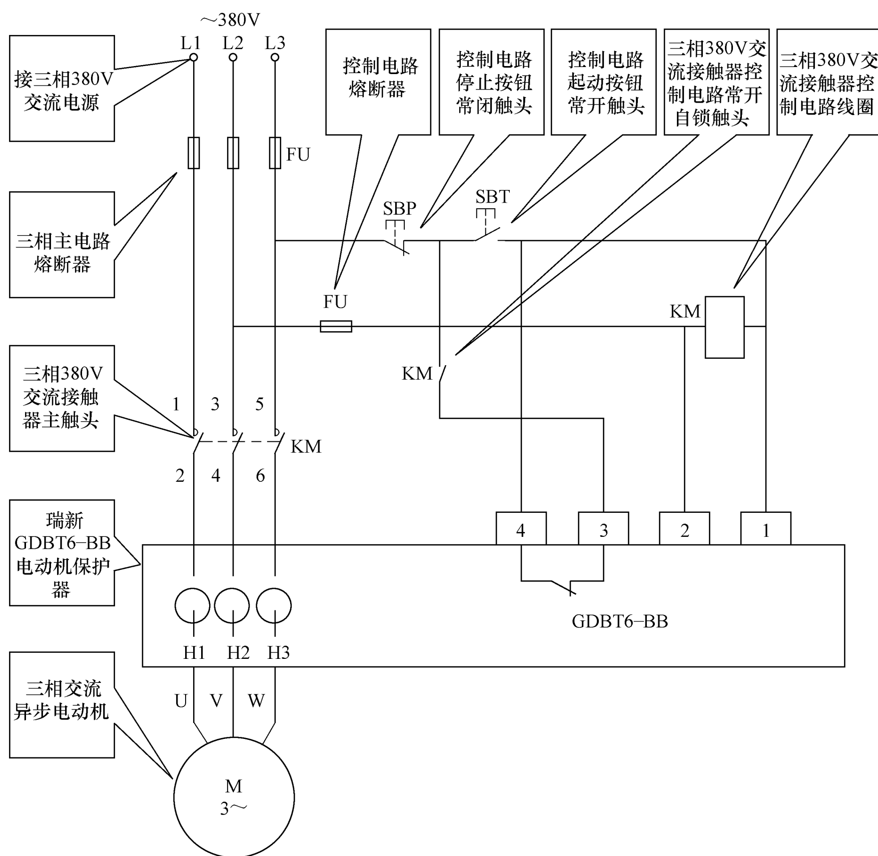


图 8-18　瑞新 GDBT6 - BB 电动机保护器典型应用电路

8.19　断电限位器电路

断电限位器也称断火限位器，它广泛应用在工矿企业的起重行车上。在行车做上下升降时，限制最高位或最低位的极限。它能在万一接触器动静触头熔焊在一起时，也能起到保护限位作用。其外形和接线如图 8-19 所示。

断电限位器的工作原理是上下行程超过限位行程后，由导程器连杆推动断电限位器控制杆，使它向前或向后移动，从而将通入断电限位器里的三相电源线断开两根，迫使电动机停转。

使用断电限位器应注意以下几点：

1）接线时按照电路图连接进入的 5 根电源线，接好后，再把电动机负荷线接在断电限位器的接线端子上。

2）在使用断电限位器前，要调整导程器的挡板，使行车的吊钩在上到最高位或最低位时都能正好撞击导程器动作（因挡板是固定在导程器连杆上的），从而使导程器在上限或下限极动作后，都能拉动或推动断电限位器连杆，最后使断电限位器动作，断开电动机主电源。

3）如果导程器在动作后电动机能够停转，但在换相后电动机却不能重新向反方向运转，说明断电限位器控制点接反，可任意换接一下电动机的三相电源线中的两根导线即可解决。

断电限位器电源B、b接线端子
断电限位器W1电动机接线端子
断电限位器电源c接线端子
断电限位器电源a接线端子
断电限位器V1电动机接线端子
断电限位器电源C接线端子
断电限位器U1电动机接线端子
三相主电路接触器KM2主触头
带断电制动装置的三相行车交流电动机M
断电限位器由导程器控制行车吊重限位，左右运行移动时限位
断电限位器电源A接线端子
三相主电路接触器KM1主触头
接三相380V交流电源
M
3～
a
W1
c
V1
b
B
C
U1
A
限位
运行
限位
KM2
KM1
L1
L2
L3
～380V

图8-19　断电限位器电路

第 9 章 电动机常用节电电路

9.1 织布机节电自动开关电路

电动机节电电路也很多，下面介绍主要的几种节电电路，以飨于广大电工初学者朋友参考应用。

首先介绍一例织布机节电自动开关电路，织布机因故停车时，电动机仍继续空转，白白地浪费电能。为了节电，可采用节电自动开关电路代替原电路，使电动机能在织布机停车时自动脱离电源，开车前又自动起动，克服了电动机空载运转现象。

图 9-1 为 1511M 型织布机节电自动开关电路图。直流电源由小型变压器 T 降压，经二极管整流 VD1 ~ VD4 整流，电容 C 滤波，稳压管 VS 稳压后提供。电路中的节电自动开关电路由 VT1、VT2、灵敏继电器 KA 等组成。装在开关车手柄的塑料（胶木）手球上的裸导线提供操作信号。当开车时，人手触及该裸导线，人体产生的感应电流就激励 VT1 的基极，VT1 导通。其后信号被放大作为 VT2 偏流，VT2 饱和导通，灵敏继电器吸合，其常开触头 KA 吸合，交流接触器 KM 吸合，电动机起动。开关车手柄进入正常开车位置后，微动行程开关 SQ 闭合，VT2 的偏流经 SQ、R5 供给而继续保持导通，织布机正常运转。织布机因故停车时，手柄退回停车位置，SQ 断开，VT2 截止，电动机脱离电源而停车。在没有操作信号加入时，电阻 R4 使 VT1 的基极、发射极同电位，VT1 截止，以防误动作，SA 为控制电源的手动开关。

VT1 选用 3DG6D、VT2 选用 3AX31C，VD1 ~ VD4 采用 2CP13 型二极管，VD5 采用 2CP12 型二极管，VS 采用 2CW21K 型稳压二极管。KA 选用 JQX－4 型 24V/2kΩ 继电器。电源变压器 T 自制。其他元器件如图所示，无特殊要求。

裸导线安装的办法是在塑料手球中心开关车手柄上再铣一条槽，连接导线从此引入，以防磨破，即构成一个接收人体信号的电极。

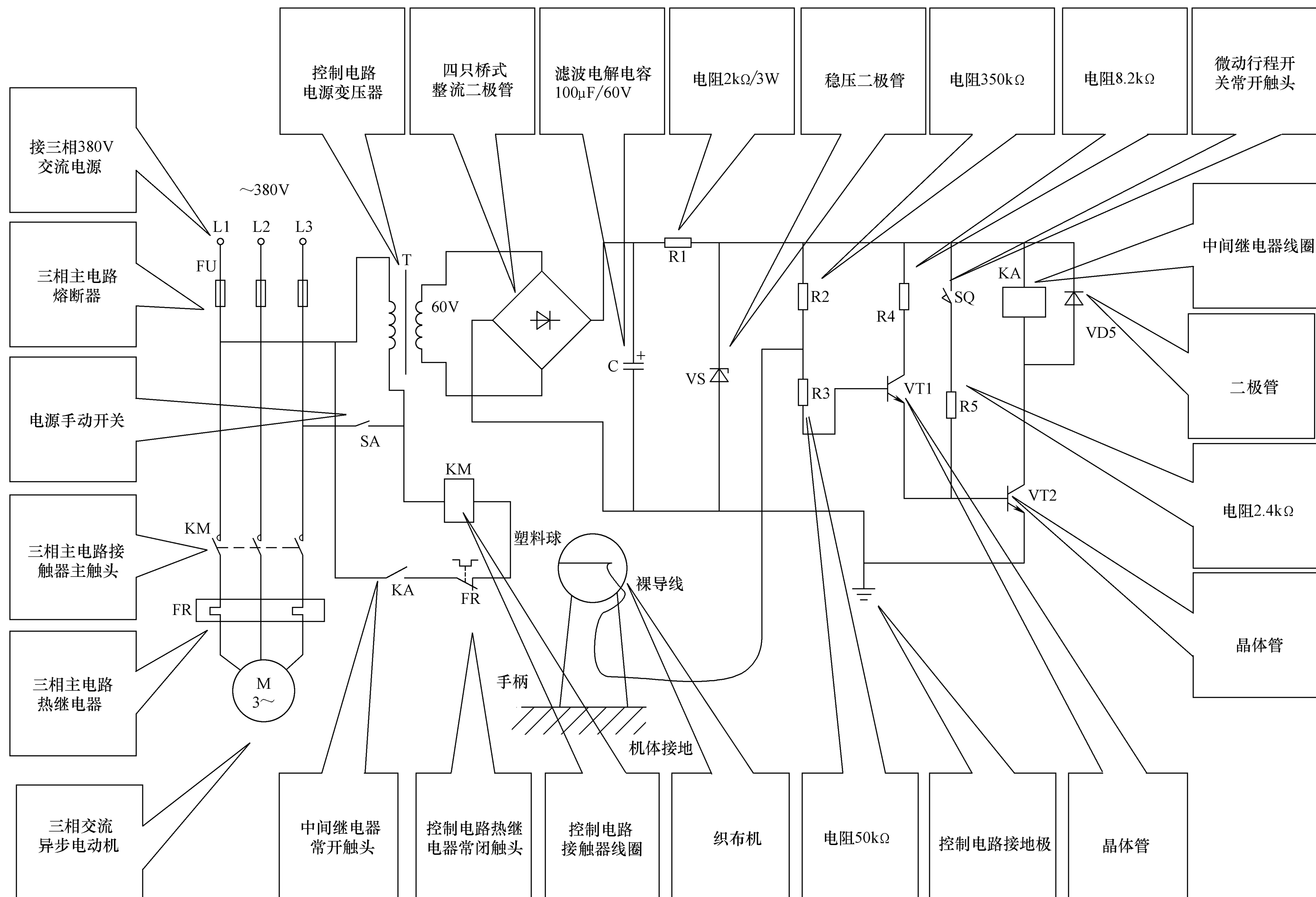


图 9-1　织布机节电自动开关电路

9.2 移相电容节电放电电路

电容补偿无功功率，提高用电功率因数，是工厂企业广泛采用的方法之一，但在移相电容是一种储能元件，当切断电源时，电容两端仍然存在较高电压，按规程规定，断开电源30s，电容两端电压应降到65V以下。为此，必须装设放电电路，在切断电源时，迅速接入放电电阻进行放电。节电放电电路如图9-2所示。在电路中，隔直电容C、电抗器L与中间继电器KA串联。为了确保中间继电器起动可靠，自身的常闭触头KA在起动时要短接L。为了延长中间继电器KA的使用寿命，必须使KA起动后，常闭触头KA断开，自动串入电抗器L降压。同时，常闭触头KA自动断开放电电阻RF，实现移相电容放电电路节电运行。当断开电源开关QF时，由于KA断电，使常闭触头KA闭合，又由于电容存储的电能放电是属于单向性的直流电，中间继电器KA受到隔离电容C的限制得不到电流，不会吸合，这样就保证了放电电阻RF的放电时间（放电电阻选用220V/15W白炽灯）。这时，白炽灯由明逐渐变暗监视放电状态。

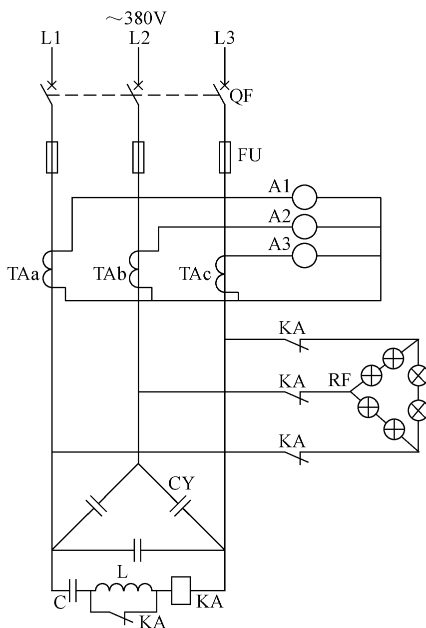


图9-2 移相电容节电放电电路

电路中的电容容量为4.7μF；电抗器L选用CDC10-10型接触器铁心，用ϕ0.14mm漆包线绕50匝；中间继电器KA选用JZ7－44型380V的型号。

9.3 用电流继电器作电动机Y－△节电转换

如图9-3所示，它的工作原理是：当按下SB1时，接触器KM1、KM2吸合，电动机接为Y起动。图中的限位开关SQ受主轴操纵杆控制，主轴在工作运转时，SQ压下闭合，时间继电器KT吸合。如空载或轻载时，KI吸合，这时KA随之吸合，切断KM2线圈电路，KM2断电释放，KM3得电吸合，电动机改为△运行。工作完毕时，通过主轴操纵杆使SQ断开，KT断电释放，KM3释放，KM2线圈得电吸合，于是电动机改为Y接法运行。

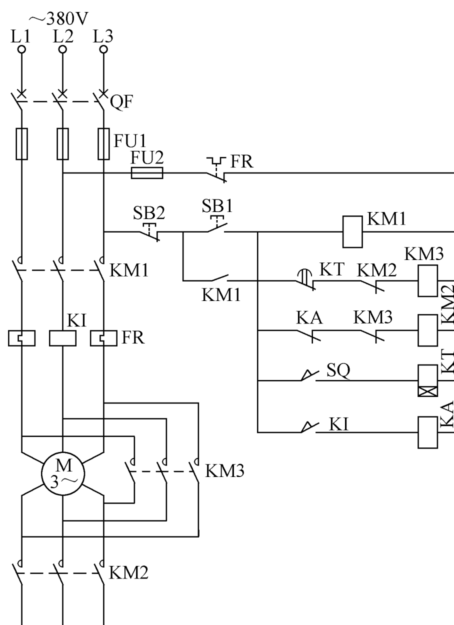


图9-3 用电流继电器作电动机Y－△节电转换

9.4 用热继电器作电动机Y–△节电转换

在机床上，电动机的额定容量是按照机床最大切削量设计的，在实用中，往往不能满负荷，很大程度上存在着大马拉小车的现象。那么利用三相异步电动机的△接法改为Y时，每相绕组承受的电压为原来的1/3，线电流为原来的1/3。如果电动机的实际负载也减小为满负载的1/3，那么电动机可以在Y接法下安全运行，从而使线电流减小，功率因数提高，起到节电作用。

图9-4所示是用热继电器控制电动机Y-△节电转换电路。当轻载时，热继电器不动作，接触器KM1、KM2吸合，电动机接成Y运行；当电动机处于重负载下运行时，热继电器FR动作，其常开触头闭合，自动将KM2断开并使KM3吸合，电动机切换为△接法运行。

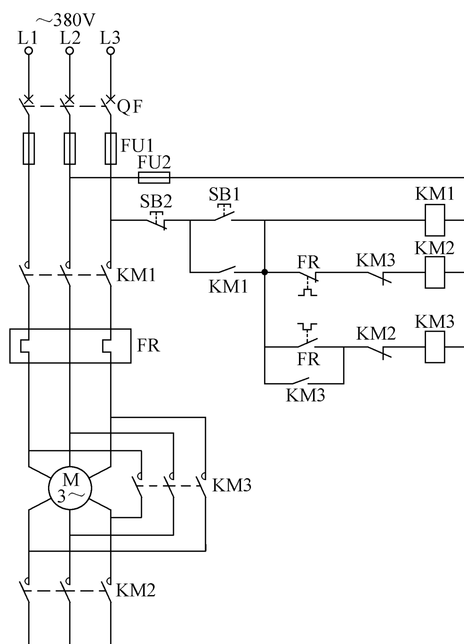


图9-4 用热继电器作电动机Y-△节电转换

9.5 CKJ80、CKJ125真空交流接触器电路

图9-5为CKJ80（80A）、CKJ125（125A）真空交流接触器内部接线图和典型应用电路图。其特点是采用直流供电的双线圈电磁操作系统，起动时为桥式整流直流供电，保持时半波整流直流供电，利用常闭辅助触头进行切换。

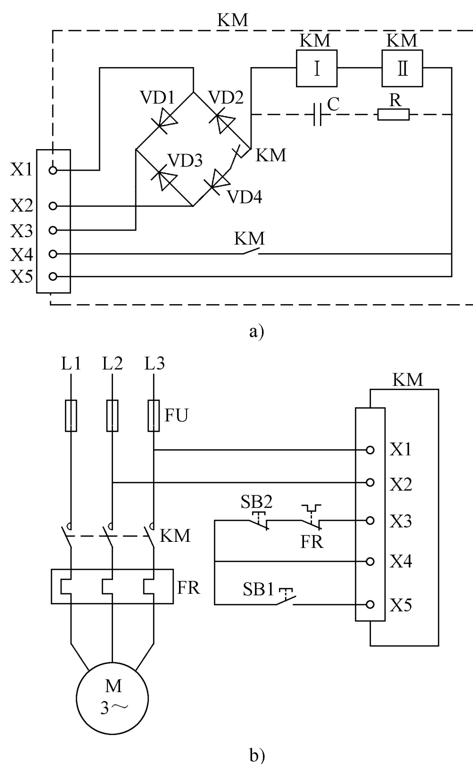


图 9-5　CKJ80、CKJ125 真空交流接触器电路

9.6　电动机常用无声节电型交流接触器运行电路

图 9-6 所示为无声节电型交流接触器运行电路，它利用接触器的主触头进行从起动到运行的转换，不需要辅助触头，不需要调整。

在图 9-6a 中，按下起动按钮 SB1，正半周时，电流经 SB1、R、VD1、接触器 KM 线圈和 SB2 流通；负半周时，VD1 截止，接触器 KM 线圈经续流二极管 VD2 放电。当接触器 KM 吸合后，放开 SB1，由于接触器 KM 的主触头已经闭合，电容 C 通过主触头接入电路，正半周时电流经 C、接触器 KM 线圈、SB2 流通；负半周时，接触器 KM 线圈经 VD2 放电，接触器 KM 维持运行。

在图 9-6b 中，按下起动按钮 SB1，电流经 SB1、R、VD1、接触器 KM 线圈和 SB2 流通；负半周时接触器 KM 线圈经续流二极管 VD2 放电。当接触器 KM 吸合后，松开 SB1，由于接触器 KM 的主触头已经闭合，小变压器 T 已接入电路，正半周时电流经熔断器 FU、VD3、接触器 KM 线圈和 SB2 流通；负半周时接触器 KM 线圈经 VD3 放电，接触器 KM 维持直流运行。

在图 9-6a、b 所示电路中，按下停止按钮 SB2，接触器 KM 失电释放，主触头断开。



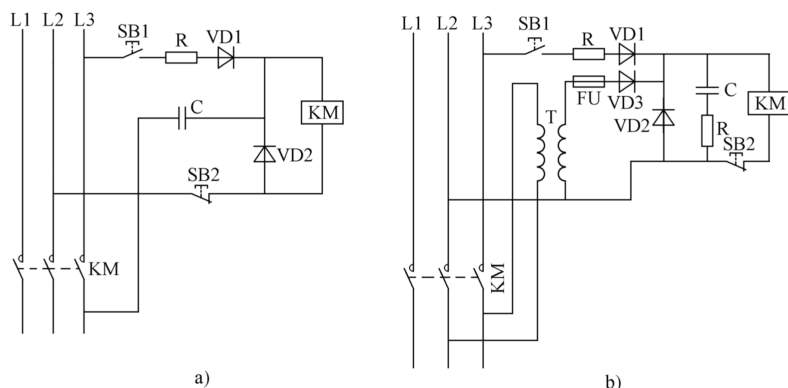


图 9-6 电动机常用无声节电型交流接触器运行电路

9.7 配电电容补偿电动机功率因数电路

单个电动机并电容进行功率因数补偿时，若要将功率因数提高到 1.0，则需并联电容的容量（kvar）应在电动机额定功率（kW）值的 35% ~50% 之间（电动机额定容量较大的取小值）。不论电动机三相绕组怎样连接，三相电容既可成星形，也可成三角形与电动机三相绕组和电源相接的出线端连接。但通常连接成三角形，如图 9-7a、b 所示，这样的好处是电容的额定容量为星形接法的 $1/\sqrt{3}$，投入的成本相对较少。

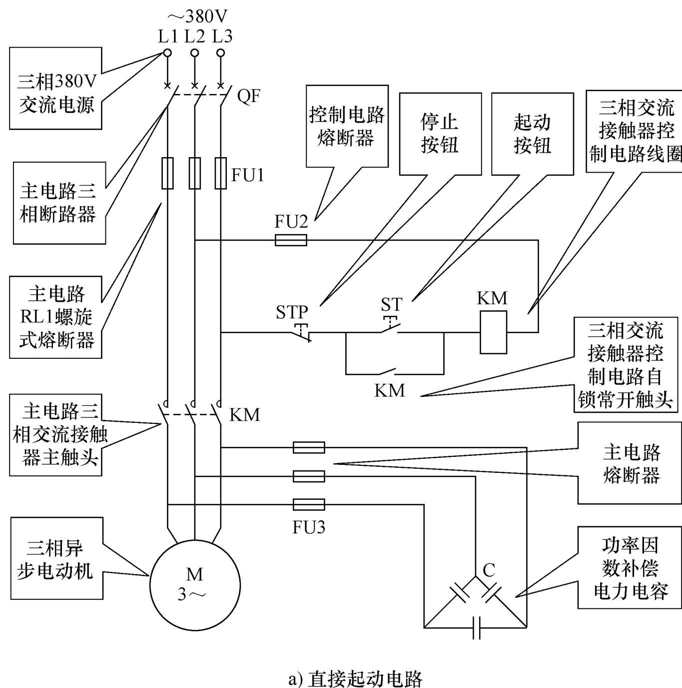
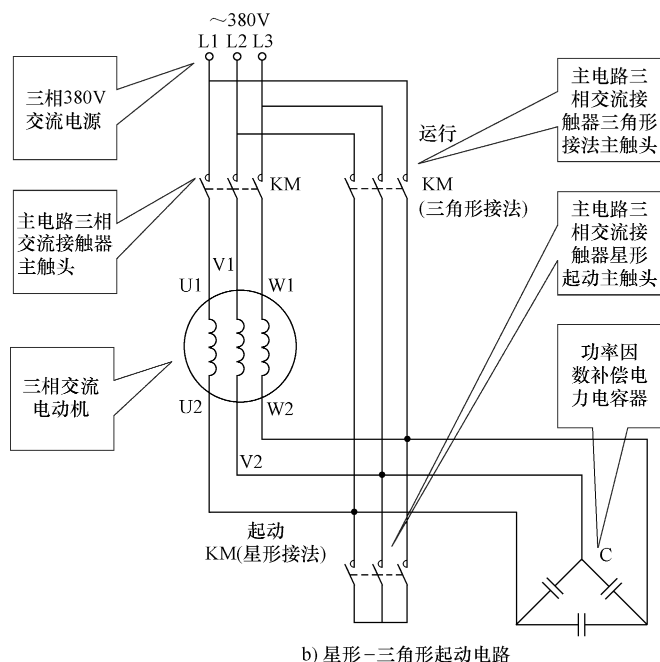


图 9-7 配电电容补偿电动机功率因数电路



b) 星形-三角形起动电路

图 9-7 配电电容补偿电动机功率因数电路（续）

9.8 交流接触器无压运行装置

一般的交流接触器在正常运行时，其吸合线圈是长期带电的，因此不但消耗能量，有时还会因过电压而烧坏吸合线圈，并在运行时发出噪声。图 9-8 所示是交流接触器无压运行装置电路图。由于在运行时吸合线圈是不带电的，因此可以避免上述缺点。

工作原理：当按动按钮 SB1 时，吸合线圈 KM 通电，吸合衔铁，同时闭锁卡板被释放弯钩钩住，使交流接触器在线圈无电压作用下处于运行状态。

这时，电路中的电容器 C 经二极管 VD1、电阻 R1 充电，继电器 KA 经二极管 VD2、电阻 R2 受电

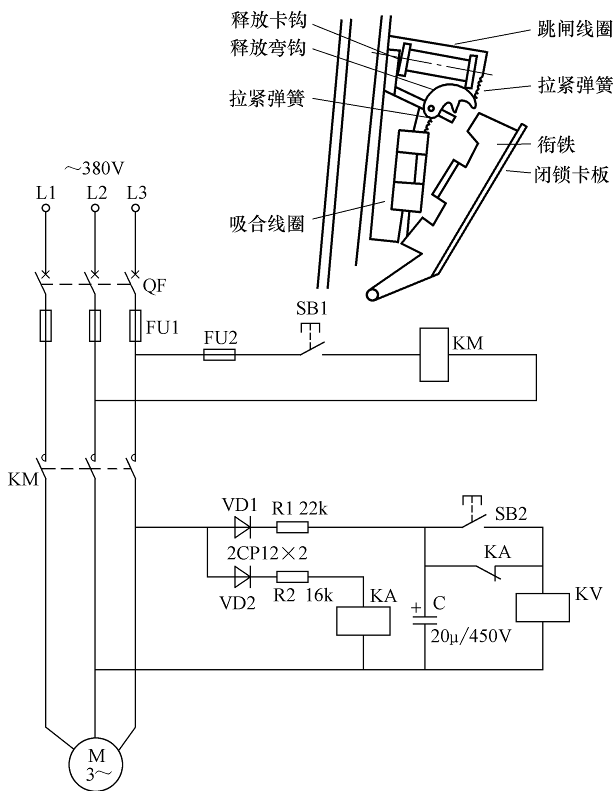


图 9-8 交流接触器无压运行装置

动作，其触头断开，为电源无电压释放做准备。当电源停电时，KA 释放，其触头闭合，电容器 C 向跳闸线圈 KV 放电吸动释放卡钩，释放弯钩脱离，衔铁释放，使开关触头断开，交流接触器无电自动断开。在运行时如按动按钮 SB2，跳闸线圈 KV 经 VD2、R1 受电动作，使交流接触器断开。

9.9 交流接触器无声运行装置

交流接触器改为无声运行有很多好处：节电效果显著，无噪声，运行温度低，延长使用寿命。

工作原理如图 9-9 所示。按下 SB1，当电源 N 端为正，L1 端为负时，VD1 接入电路，供给接触器 KM 脉动直流电，接触器 KM 动作，常闭触头断开，R1 和 VD1 退出电路。当 L1 端为正，N 端为负时，VD2 正向导通，对电容 C1 充电，并同时接通接触器 KM 续流回路。当 N 端恢复为正时，则接触器 KM 靠电容 C1 充电电流维持直流供电。

S 为交直流转换开关，如整流电路需要进行故障维修时，可将转换开关 S 投入交流装置，使接触器转入交流运行，不影响电气设备的正常运行。

常用交流接触器无声运行型号为 CJ10－100 时，电容容量为 1.47μF/400V，二极管型号为 1N4007；型号为 CJ10－150 时，电容容量为 1.47μF/400V，二极管型号为 1N4007；型号为 CJ12B－250 时，电容容量为 2μF/400V，二极管型号为 1N4007。

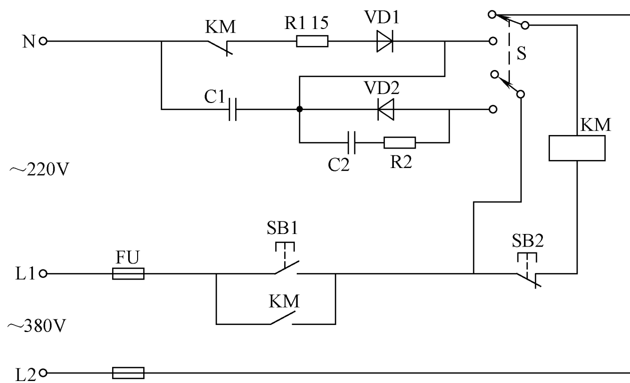


图 9-9 交流接触器无声运行装置

9.10 交流接触器改为直流运行节电法

交流接触器改为直流运行可以消除运行中的噪声，降低释放电压，节电效果显著。

图 9-10 所示是一种简单的交流接触器无声运行节电电路。当起动电动机时，按下交流接触器按钮 SB1，交流接触器 KM 吸合，KM 辅助头也闭合，放松按钮 SB1，SB1 常闭触头将二极管 VD 接通，VD 与 KM 线圈相并联，这时 KM 仍保持吸合，并转为直流运行。电容 C 串入电路起降压作用，并使交流电在正负半波时都由上而下流过线圈，从而使交流接触器改为直流运行。

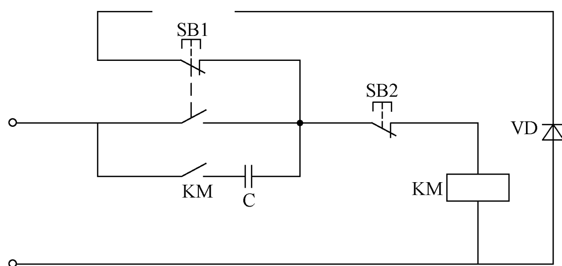


图 9-10　交流接触器改为直流运行节电法

9.11　交流接触器无声节电运行电路

图9-11a 所示为交流接触器节电电路的电路图。在接触器起动时，由电阻 R 限流、二极管 VD1 半波整流供电。当 KA 触头闭合前瞬间，KA 突然断开，由电容器 C 和二极管 VD2 组成直流供电电路，使其保持吸合。研究上述过程可以发现，在接触器吸合时，由于吸合的力度不够（主要指 60A 以上的接触器），使接触器的动衔铁所带动的主动触头与静触头接触不够紧，接触电阻大，使主触头通过额定电流后产生过高的热量，很容易将动触头的支持架烧坏，导致主触头断开。为了克服上述缺点，这里介绍新颖的交流接触器节电电路。如图 9-11b 所示，它是一种正弦交流起动，直流运行，并可交、直两用。它的工作原理是：在开关 SA 置于 1 位的情况下，按动起动按钮 SB3，电源经 SB2、SB3 给 KA 供电，这时为正弦交流起动。同时 KA 触头闭合，当 SB3 放开后，其常开触头断开，其常闭触头尚未闭合时，电源经电容器 C 降压后通过 KA 触头继续给线圈供电。等到 SB3 常闭触头闭合后，将二极管 VD 经 SB3、SA、KA 接入电路，这时 KA 线圈正半周由电容器 C 放电电流供给，负半周由二极管 VD 续流使其始终通有直流电。图 9-11b 中仅利用了起动按钮 SB3 的常闭触头，省去了图 9-11a 中的电阻 R 和二极管 VD1。因为在起动时通过了市电，使接触器线圈获得了足够的起动电压，其力度可达到接触器的设计要求，同时在运行时，线圈为直流，同样也可达到节电、消声的效果。开关 SA 为双掷钮子开关，在电路中起交、直流转换作用。VD 采用 1A/800V 的整流二极管，C 采用 4μF/400V。其他元器件如图所示。

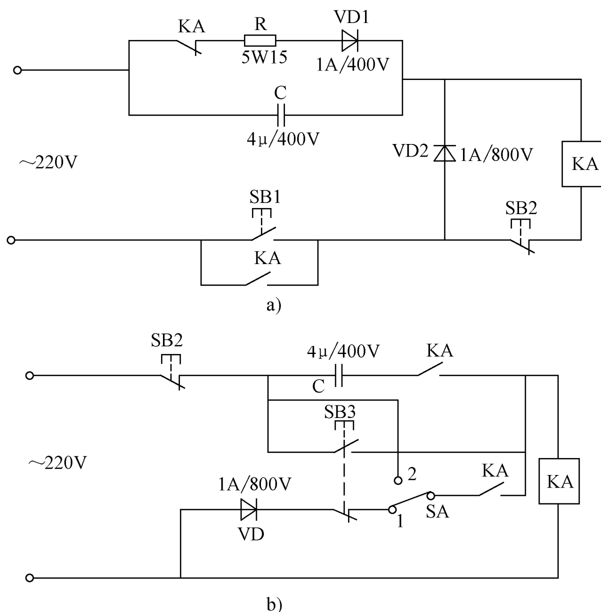


图 9-11　交流接触器无声节电运行电路

第10章 电动机常用机床及其他机械设备控制电路

10.1 C650型卧式车床电气控制电路

C650型卧式车床共有三台电动机。组合开关QF将三相电源引入，FU1为主电动机M1的短路保护用熔断器，FR1为电动机M1过载保护用热继电器。R为限流电阻，防止在点动时连续的起动电流造成电动机的过载。通过互感器TA接入电流表A以监视主电动机绕组的电流，用时间继电器KT控制电流表A躲过电动机起动电流，只检测电动机正常工作电流：主轴电动机M1由接触器KM3、KM4、KM控制，可以正、反转控制，也可以点动控制，还可以双向反接制动控制。熔断器FU2为电动机M2、M3和电源变压器TC的短路保护，KM1为冷却泵电动机M2起动用接触器；FR2为电动机M2的过载保护；KM2为快速移动电动机M3的起动用接触器；因为快速移动电动机M3短时工作，所以不设过载保护。

C650型卧式车床电气控制电路如图10-1所示。

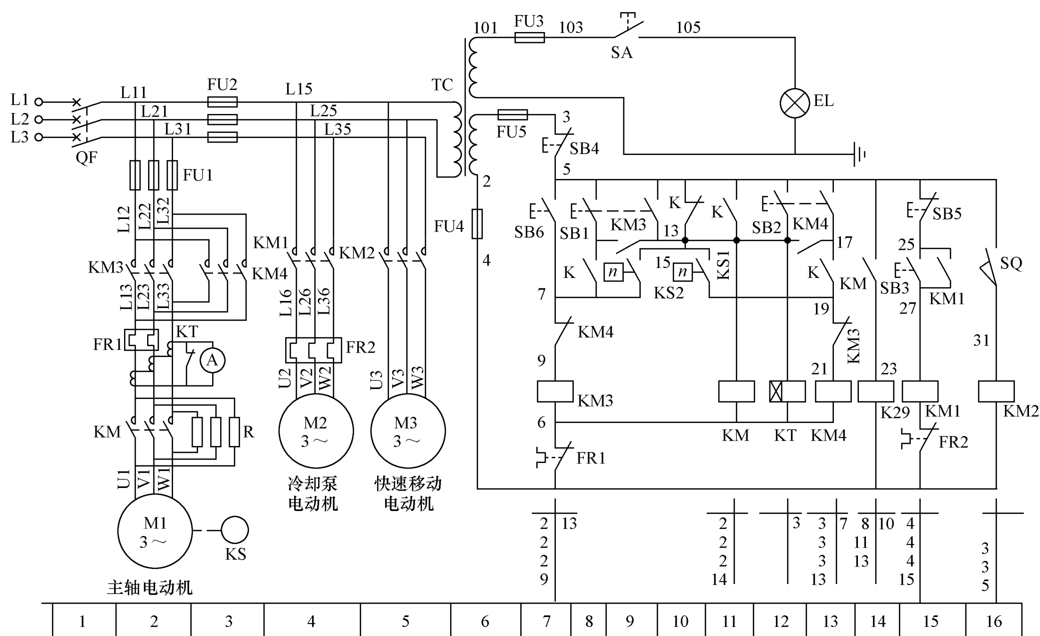


图10-1 C650型卧式车床电气控制电路

冷却泵电动机M2由接触器KM1控制。当按下冷却泵电动机M2的起动按钮SB3时，接

触器 KM1 闭合，冷却泵电动机 M2 起动运转；当按下冷却泵电动机 M2 的停止按钮 SB5 时，冷却泵电动机 M2 停转。快速移动电动机 M3 由行程开关 SQ 点动控制。

10.2　CW6163B 型车床电气控制电路

CW6163B 型车床电气控制电路由主电路和控制电路两部分组成。主电路包括三相 380V 交流电源开关 QF，交流接触器 KM1～KM3 的主触头，热继电器 FR1、FR2 的元件，JO2-52-4 型/10kW 主轴电动机 M1，WJ12-4 型/1.1kW 快速进给电动机 M3 和 AOB-25 型/90W 冷却泵电动机 M2 等。控制电路包括控制变压器 TC，旋钮开关 SA、SB1～SB7，交流接触器 KM1～KM3 的线圈、信号指示灯 HL1 和 HL2，以及照明灯 EL 等。CW6163B 型车床电气控制电路如图 10-2 所示。

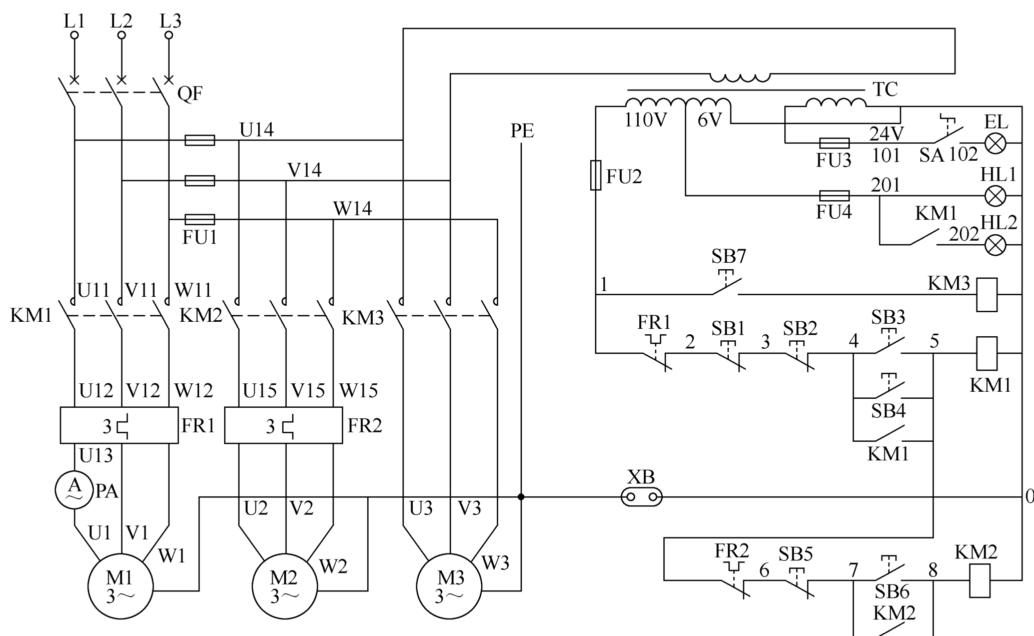


图 10-2　CW6163B 型车床电气控制电路

图 10-2 中 FU1 为熔断器，主要起到电源与部分设备电路的隔离保护作用。主轴电动机的短路保护是由断路器 QF 的电磁脱扣器来实现的。进给电动机 M3 和冷却泵电动机 M2 的短路保护，是由熔断器 FU1 来实现的。M3 没有热继电器作过载保护，主轴电动机 M1 主电路中的交流电流表用来监视 M1 工作时的电流状态。

CW6163B 型车床控制电路由控制变压器 TC 供电，使用 110V 输出电压，采用熔断器 FU2 进行短路保护。当电动机 M1 或 M2 过载时，热继电器 FR1 或 FR2 动作，其常闭触头断开控制电路的电源，接触器 KM1 或 KM2 断电释放，使电动机 M1 或 M2 失电停止工作，实现过载保护。

主轴电动机 M1 采用两地控制方式。主轴电动机 M1 起动时，按起动按钮 SB3（或

SB4)，电源电压由控制变压器 TC 二次绕组的一端经 FU2→FR1 的触头（1-2）→SB1→SB2→SB3→KM1 线圈到变压器二次绕组的另一端。接触器 KM1 的线圈得电动作，其常开触头（4-5）闭合自锁，并且接通冷却泵电动机 M2 控制电路的电源，为冷却泵起动做好准备。接触器 KM1 的主触头闭合，主轴电动机 M1 起动运行。

冷却泵电动机 M2 与主轴电动机 M1 实行联锁控制，只有当主轴电动机 M1 起动后，冷却泵电动机 M2 才能起动。冷却泵起动时，按下按钮 SB6，接触器 KM2 的线圈得电动作，其常开触头（7-8）闭合自锁，KM2 的主触头闭合，冷却泵工作。停止时，按下停止按钮 SB5，接触器 KM2 的线圈失电，冷却泵停止工作。按下 SB1 或 SB2 后，接触器 KM1 的线圈失电复位，主轴电动机 M1 停止运行。

快速进给电动机 M3 采用按钮点动控制方式。按下按钮 SB7 后，接触器 KM3 的线圈得电，其主触头闭合，电动机快速进给。松开按钮 SB7 后，接触器 KM3 的线圈失电，其主触头断开进给电动机 M3 的电源，进给电动机 M3 停止工作。

照明与信号指示电路的电源是由控制变压器 TC 二次的 24V 和 6V 绕组分别提供的。照明电源电压为 24V，指示灯的电源电压为 6V。当机床电源接通时，指示灯 HL1 点亮；当主轴电动机 M1 工作时，指示灯 HL2 点亮。需要照明时，操作开关 SA 至合闸位置；不用时，将 SA 转至断开位置。

10.3 M7120 型平面磨床电气控制电路

在机床应用设备中，常见的设备还有一种磨床，磨床是以磨料磨具，如砂轮、砂带、油石、研磨剂等为工具进行切削加工的机床。它可以加工各种表面，如内外圆柱面和圆锥面、平面、螺旋面，还可以进行切断等。M7120 型平面磨床是企业使用较多的一种机床，其电气控制电路如图 10-3 所示。

M7120 型平面磨床主要由主电路、控制电路、照明及指示电路以及电磁工作台电路组成。

主电路有四台电动机：其中 M1 为液压泵电动机，它起到使工作台往复运动的作用；M2 为砂轮电动机，用于带动砂轮旋转进行磨削加工；M3 为冷却泵电动机，对磨削起冷却作用；M4 为升降电动机，用于砂轮机的升降调整。电动机 M1、M2、M3 在工作中只需要正转，其中冷却泵电动机 M3 在砂轮电动机 M2 运转时才能运转，而升降电动机 M4 在正反两个方向均能工作。

电路中的三个热继电器 FR1、FR2、FR3 和欠电压继电器 KA 对 M1、M2、M3 起到过载保护和欠电压保护作用。熔断器 FU1 对四台电动机进行短路保护。

电磁工作台电路由变压器 TC 变压及桥式整流器 VC 整流后提供 110V 直流电压，它的保护电路由欠电压继电器、放电电阻和电容组成。

下面叙述整个电路的工作过程：当电源接通后，如果电路无故障，欠电压继电器 KA 动作，其常开触头 KA 闭合，为接触器 KM1、KM2 吸合做好准备。当按下按钮 SB3 后，接触器 KM1 线圈得电吸合，液压泵电动机开始运转。由于接触器 KM1 的吸合，自锁触头自锁使电动机 M1 在松开按钮后继续运行。当工作完毕后按下停止按钮 SB2，KM1 失电释放而使 M1

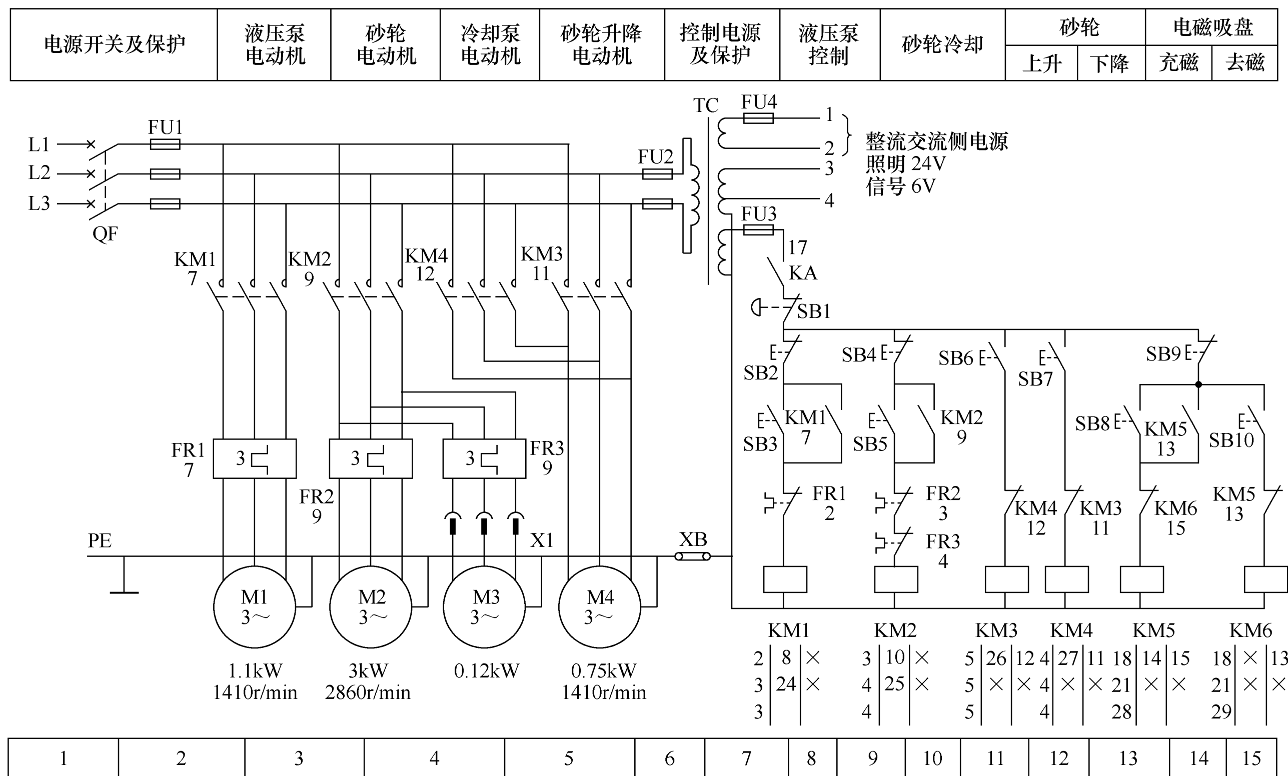


图 10-3　M7120 型平面磨床电气控制电路

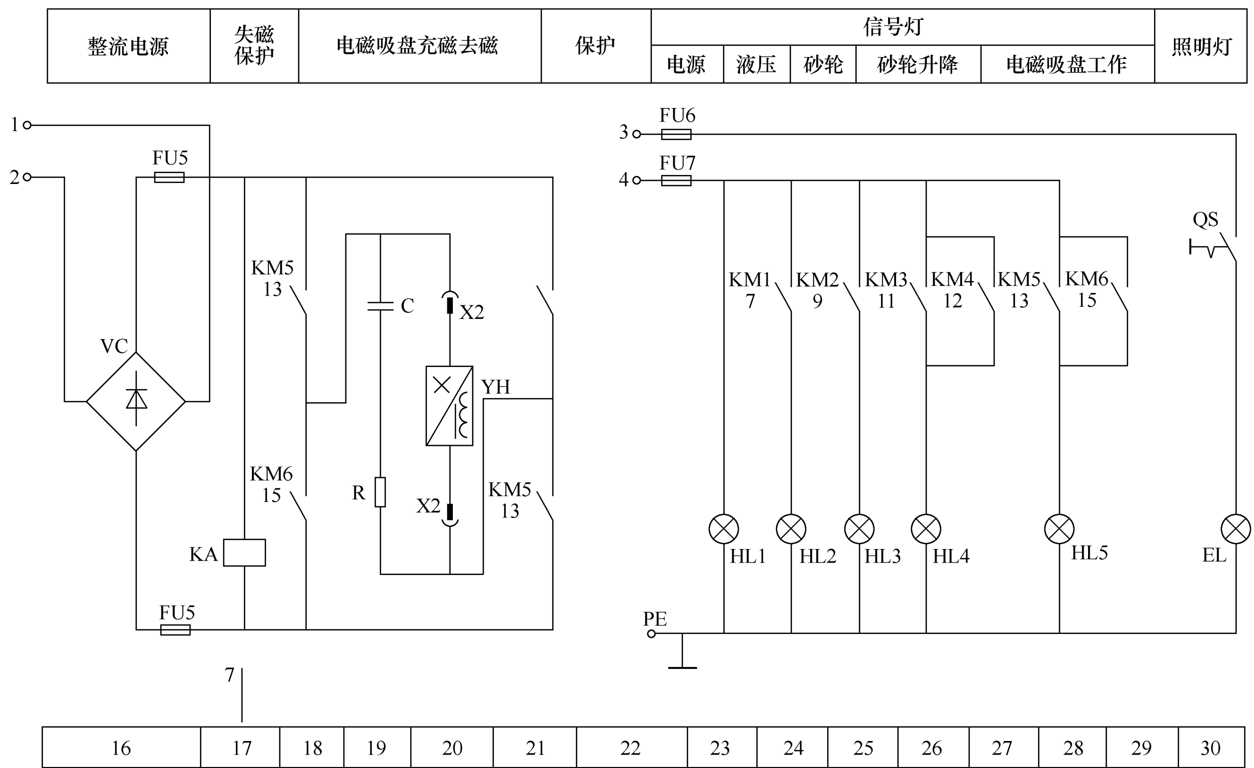


图 10-3　M7120 型平面磨床电气控制电路（续）



停止运行。在需要砂轮电动机和冷却泵电动机工作时，按下按钮 SB5，接触器 KM2 得电吸合，砂轮电动机和冷却泵电动机同时工作。停止时按按钮 SB4，两台电动机停转。按钮 SB6 和 SB7 控制升降电动机的正转和反转，按下时运转，松开即停止。按下按钮 SB8，接触器 KM5 吸合，电磁工作台带磁而把工件牢牢地吸住，按下按钮 SB9，电磁工作台失去吸力。为了消除剩磁，可按下按钮 SB10，使接触器 KM6 得电吸合，把反向电流通入工作台，退完磁后松开 SB10，即可将工件取下。

照明电路由变压器 TC 供电，EL 为照明灯，其工作电压为 24V。QS 为照明开关。HL1 ~ HL5 为指示灯，其工作电压为 6V。HL1 亮，表示控制电路的电源正常；不亮，表示电源有故障。HL2 亮，表示液压泵电动机 M1 处于运转状态，工作台正在进行往复运动；不亮，表示 M1 停转。HL3 亮，表示砂轮电动机 M2 及冷却泵电动机 M3 处于运转状态；不亮，表示 M2 停转。HL4 亮，表示砂轮升降电动机 M4 处于工作状态；不亮，表示 M4 停转。HL5 亮，表示电磁吸盘 YH 处于工作状态；不亮，表示电磁吸盘未工作。

10.4　Z35 型摇臂钻床电气控制电路

在工矿企业中，钻床一般用于加工尺寸较小、精度要求不太高的孔，如各种零件上的连接螺钉孔。它主要是用钻头在实心材料上钻孔，此外还可以进行扩孔、铰孔、攻螺纹等工作。钻床进行加工时，工件一般固定不动，刀具一边做旋转运动，一边沿其轴线移动，完成进给动作。

Z35 型摇臂钻床可用于钻孔、攻螺纹，在企业中使用相当广泛。其电气控制电路如图 10-4 所示，主要由主电路、控制电路和照明电路组成。主电路有四台电动机：其中主轴电动机为 M2，由接触器 KM1 控制单方向开停；M3 是摇臂升降电动机，由接触器 KM2 和 KM3 控制正反方向运转；M4 为立柱紧松电动机，由接触器 KM4 和 KM5 控制正反向运转，操纵立柱的夹紧与松开。M1 是在工作时给切削工件输送冷却液的冷却泵电动机，它由开关 QS2 控制。

当开始工作时，将十字开关 SA 扳在左边位置，这时，SA 仅有左面触头闭合，零压继电器 KA 线圈得电，其常开触头闭合自锁，为其他控制电路接通做好准备。然后将 SA 扳到右边位置，仅使 SA 右面触头闭合，接触器 KM1 线圈得电，KM1 主触头闭合，主轴电动机 M2 通电旋转，其主轴旋转方向由主轴箱上的摩擦离合器手柄位置决定，可以正反转。将十字开关 SA 的手柄扳回中间位置，触头全部分断，接触器 KM1 断电，主轴停转。

摇臂升降同样由 SA 控制，当将 SA 扳向上面时，SA 上面的触头闭合，接触器 KM2 得电吸合，其主触头闭合，电动机 M3 运转，摇臂向上。当摇臂上升到所需位置时，将十字开关的手柄扳到中间位置，SA 上面的触头分断，接触器 KM2 断电释放，电动机 M3 断电停转，摇臂停止上升。欲使摇臂下降，可将十字开关扳到下面位置，于是 SA 下面触头闭合，接触器 KM3 线圈得电动作，电动机 M3 起动并反转，摇臂下降。当摇臂下降到所需位置，将十字开关扳回中间位置，电动机 M3 停转，摇臂停止下降。为使摇臂上升或下降不致超过允许的极限位置，在摇臂上升或下降的控制电路中分别串入了行程开关 SQ1 和 SQ3。

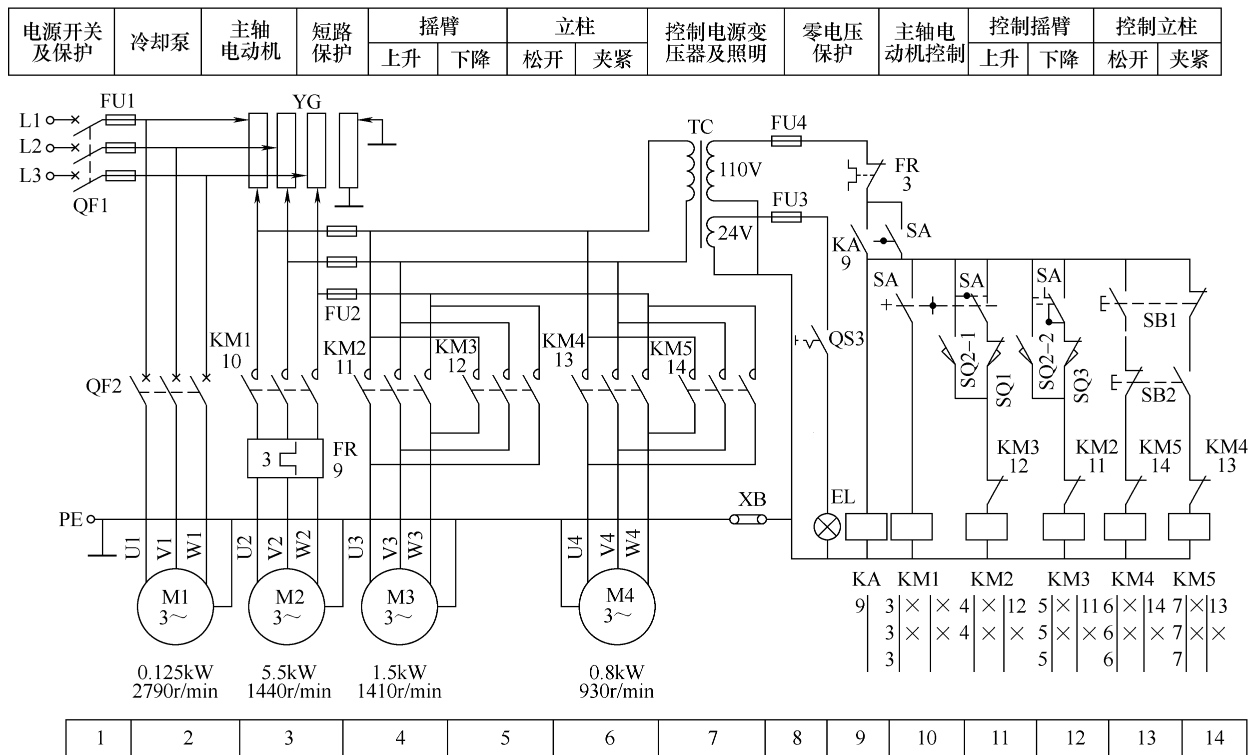


图 10-4　Z35 型摇臂钻床电气控制电路

当需要摇臂绕内立柱转动时，应先按 SB1，接触器 KM4 线圈得电动作，电动机 M4 起动运转，并通过齿式离合器拖动齿轮式油泵旋转，送出液压油经一定油路系统和传动机构将外立柱松开；然后松开 SB1，接触器 KM4 断电释放，电动机 M4 断电停转，即可推动摇臂和外立柱绕内立柱转动；当转动到所需要的位置时，再按 SB2，接触器 KM5 线圈得电动作，其主触头闭合，电动机 M4 起动并反转，在液压系统推动下，将外立柱夹紧；然后松开 SB2，接触器 KM5 断电释放，电动机 M4 断电停转，整个放松—转动—夹紧过程结束。

10.5　X8120W 型万能工具铣床电气控制电路

如图 10-5 所示，X8120W 型万能工具铣床有两台电动机。一台是主机铣头电动机 M2，为双速式，高速时电动机线圈为双星形联结，并且铣头电动机需正反方向运转；另一台为冷却泵电动机 M1，它由转换开关 QS 来做通断控制。

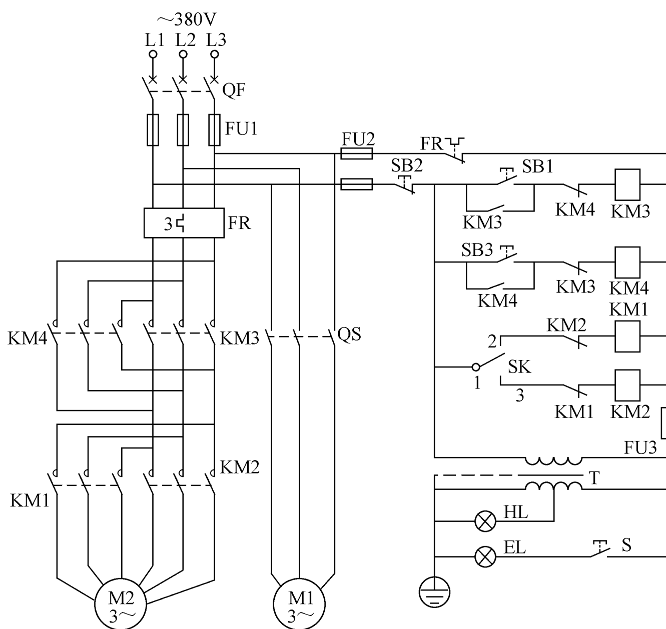


图 10-5　X8120W 型万能工具铣床电路

铣床需要工作时可合上刀开关 QF，这时，拨动双速开关，为高速运转时需将开关 SK 的 1、2 接通，为低速运转时，可将双速开关 SK 的 1、3 接通，然后按下按钮 SB1，接触器 KM3 得电吸合，电动机开始正转运行。若需停止电动机运行时，可按下 SB2，若工作需要反转时，按下按钮 SB3，接触器 KM4 与接触器 KM1 闭合，使电动机 M2 在高速上反转运行，停车时按下 SB2 即可停止电动机运行。若这时想改变为低速运行，只要把双速开关转向 1、3 接通时，即可操纵按钮正反转工作均为低速运行。低压灯工作时按下开关 S 即可；冷却泵电动机 M2 工作时，只要将转换开关 QS 拨向接通位置便能开始运转工作。



10.6　T68型卧式镗床电气控制电路

T68型卧式镗床电气控制电路如图10-6所示，它由两台电动机来完成工作。其中M1为双速电动机，它通过变速箱等传动机构带动平旋盘和主轴以及润滑油泵运转。电动机M2带动主轴上的拖板作上拖板和下拖板等快速运动。

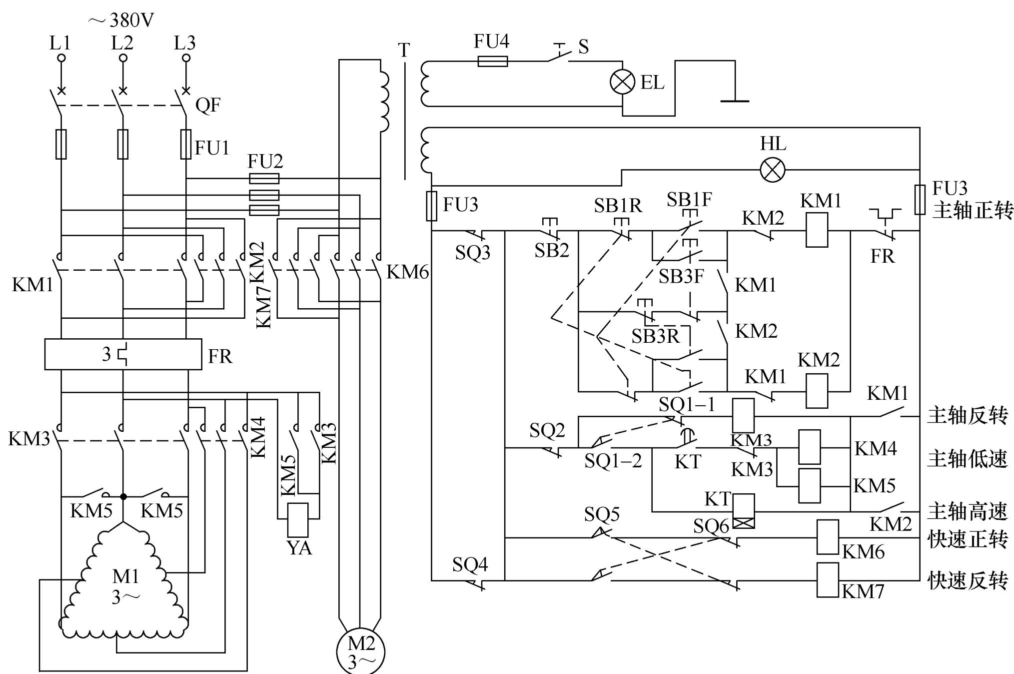


图10-6　T68型卧式镗床电气控制电路

操作按钮SB1F和SB1R使KM1和KM2得电吸合，电动机M1运转，停车时按下SB2。如需点动，应操作按钮SB3F和SB3R。当需要主轴制动时，按下停止按钮使接触器KM3和KM5释放，电磁铁电源断开，在弹簧作用下杠杆拉紧制动轮，使电动机快速停转。如果需要M1由低速运转变为高速运转，可通过调速联动机构使行程开关SQ1动作，经时间继电器延时后闭合线圈KM4和KM5，使电动机M1由三角形低速运转变为星形高速运转。SQ2是与机床变速手柄相连的变速联动行程开关，拉出机床变速手柄后，SQ2断开接触器KM3或KM4、KM5，使电动机停转。进给部件快速移动控制是由操作手柄操纵行程开关SQ5和SQ6来完成，当接触器KM6或KM7通电或断电时，电动机M2作上拖板、下拖板等快速运动。

10.7　混凝土搅拌机的电气控制电路

混凝土搅拌机是将具有一定配合比例的原材料（水泥、砂石、水及附加剂），按规定顺序和时间进行搅动拌和的机械，是建筑施工中的一种重要的机械。混凝土搅拌机主要由搅拌

机构、上料装置、给水系统等组成。

混凝土搅拌机的电气控制电路如图 10-7 所示。

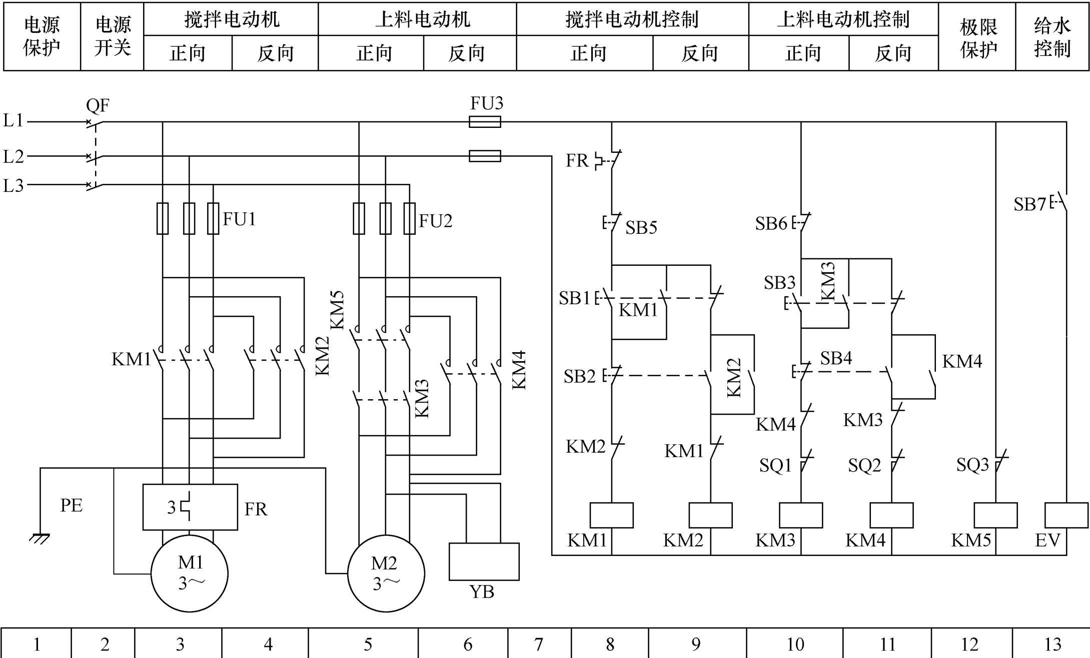


图 10-7　混凝土搅拌机的电气控制电路

1. 搅拌机构的控制

搅拌机构是由电动机 M1 的正反转运转来完成的，电动机 M1 正转时进行搅拌，反转时将搅拌的混凝土排出。

搅拌过程：按下按钮 SB1，接触器 KM1 得电吸合并自锁，其主触头闭合，电动机 M1 得电正转，进行搅拌。

排料过程：按下按钮 SB2，SB2 常闭触头先断开，使接触器 KM1 失电释放，电动机 M1 停转。SB2 常开触头闭合，使接触器 KM2 得电吸合并自锁，其主触头闭合，电动机 M1 反转，将混凝土排出。停止时，只需按动 SB5 即可。

2. 上料装置的控制

上料装置是由电动机 M2 的正反转运行完成的，电动机 M2 正转时料斗上升，M2 反转时料斗下降，在其上升、下降运行的极限位置都设有极限位置开关 SQ1、SQ2 加以保护。为了防止料斗负载运行时停电，以保证运行时的安全，采用电磁制动器 YB 作机械制动装置。

料斗上升：按下 SB3，接触器 KM3 得电吸合并自锁，其主触头闭合，电动机 M2 正转，料斗上升。

料斗下降：按下 SB4，SB4 常闭触头先断开，使接触器 KM3 失电释放，电动机 M2 停转。SB4 常开触头闭合，使接触器 KM4 得电吸合并自锁，其主触头闭合，电动机 M2 反转，料斗下降。

料斗上升、下降的自动停车由限位开关 SQ1 和 SQ2 控制，在上升极限位置另设位置保



护开关 SQ3，且配有限位接触器 KM5，当料斗上升碰到 SQ1 时，若限位开关失控，料斗将继续上升到碰到 SQ3，使接触器 KM5 失电，其主触头分断，料斗立即停车。

为了使料斗能在规定或任何位置停下来，或避免突然停电而造成料斗下降，在料斗提升机 M2 主电路中增设一制动器 YB。

3. 供水系统操作

供水系统由电磁阀 EV 通电供水。

搅拌需要用水时，按动 SB7，电磁阀通电供水，松开按钮 SB7，停止供水。

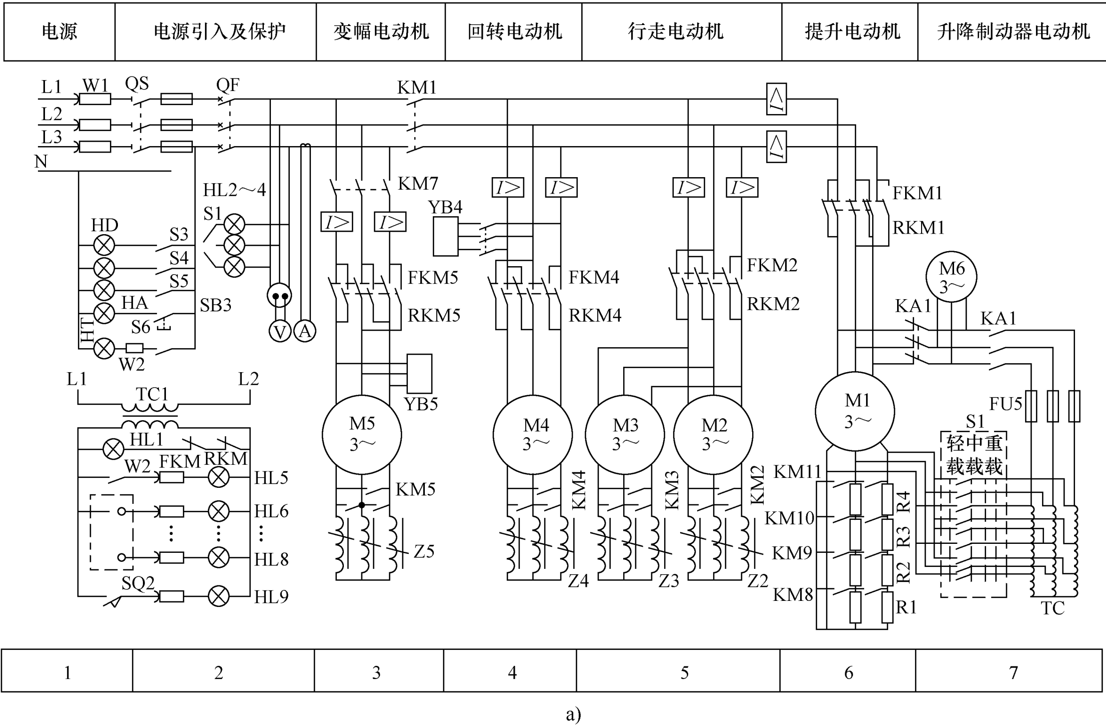
10.8 QTZ－60 型塔式起重机电气控制电路

在建筑行业中，常常用到塔式起重机械，塔式起重机是建筑施工现场最主要的垂直运输机械，主体施工阶段的所有建筑材料，几乎全部是用塔式起重机搬运至施工操作平面。

QTZ－60 型塔式起重机是普通上回转塔式起重机，适用于 18 层以下混凝土结构高层建筑施工用。QTZ－60 型塔式起重机具有升降、行走、回转、变幅四个基本动作。

QTZ－60 型塔式起重机的主电路如图 10-8a 所示，控制电路如图 10-8b 所示。

先合上电源开关 QS 和断路器 QF，全部主令控制开关 SA1～SA5 置于“0”位，按下 SB1，使接触器 KM1 线圈得电动作，KM1 主触头闭合，为提升、回转及行走电动机 M1、M4、M3、M2 的运行做好准备。同时接触器 KM1 的两个辅助触头闭合，一个实现自锁，另一个为提升控制提供通路。KM1 的常闭触头分断，限制 KM7 线圈接通，即限制了变幅机构动作。KM1 和 KM7 之间采用这种互锁制约关系，是为了提高塔吊运行的安全性和准确性。



a)

图 10-8　QTZ－60 型塔式起重机电路

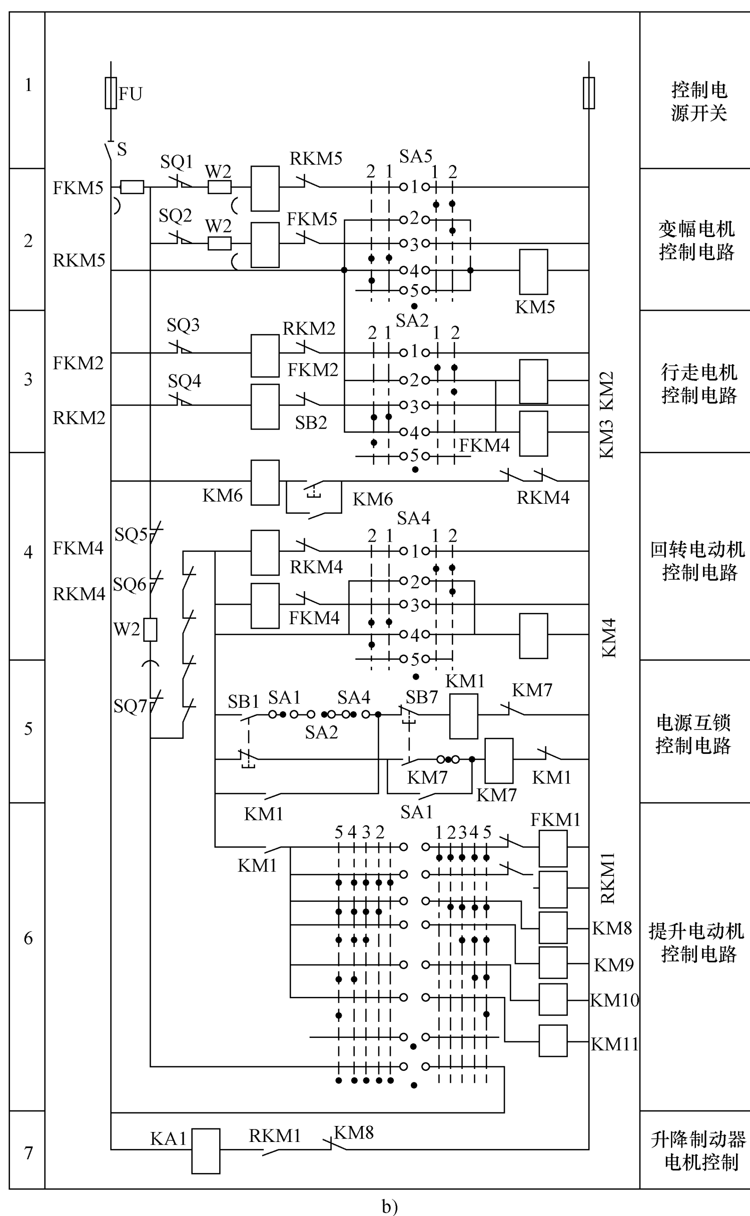


图 10-8　QTZ－60 型塔式起重机电路（续）

提升重物时，操作主令控制器 SA1 转换到提升第一挡位，KM1 线圈得电，全部电阻串入转子绕组中，转速较低，物体慢慢提升；当 SA1 转换到第二挡位时，接触器 KM8 线圈通电动作，外接电阻被短接一段，使提升物体速度加快。以后每换一挡位，短接电阻一段，直到第五挡时全部电阻短接切除，此时提升重物的速度最大。

若空钩下降时，先操作主令控制器 SA1，从第二挡变换到第五挡的过程中，速度逐渐加快，使空钩快速下降。

若重物下降时，从下降第二挡位转换到第五挡位再转换第一挡位时，电动机 M1 处于发电制动状态，电动机转速由快变慢，用第一挡进行机械制动。当慢速下降重物时，中间继电



器 KA1 工作，KA1 常闭触头断开、常开触头闭合，电动机 M6 通过三相自耦变压器 TC、转换开关 S1 接到电动机 M1 转子电路，由于转子电路的交流电压频率较低，使电动机 M6 转速下降，闸瓦与闸轮之间的间隙变小，两者发生摩擦，使电动机 M1 速度变慢运行。

塔式起重机的行走动作是由电动机 M2、M3 两台绕线转子电动机完成的。正转前进，反转倒退，并加以限制保护措施。

当塔吊需要行走时，操作主令控制器 SA2，使正转接触器 RKM2 或反转接触器 FKM2 的线圈得电，主触头 RKM2 或 FKM2 闭合，电动机 M2 和 M3 正转或反转，使塔吊前进或倒退。为了行走安全，在塔吊行走的轨道的终端加装限位开关 SQ3 和 SQ4，以控制塔吊的行程。

当塔吊需要回转时，操作主令控制器 SA4，使接触器 FKM4 或 RKM4 线圈得电，其主触头闭合，电动机 M4 受电转动，使重臂向左或向右旋转到指定位置。将手柄返回“0”位置，电动机 M4 先停止转动，然后按动 SB2，使接触器 KM6 线圈得电，其主触头闭合，三相电磁制动器 YB4 得电，将重臂紧锁在某一个位置上。

当塔吊需要变幅时，操作主令控制器 SA5，使接触器 FKM5 或 RKM5 线圈得电，控制电动机 M5 的正反转来达到起重臂俯仰变幅的过程。限位开关 SQ1 和 SQ2 起俯仰的限位保护作用。电动机 M5 停止，制动器 YB5 失电，使制动器 YB5 迅速制动。

位置开关 SQ5、SQ6、SQ7 分别对起重机超高、起重和钢丝绳脱槽起保护作用。

10.9 10t 桥式起重机的电气控制电路

在大型机械设备中，桥式起重机是一种用来吊起和下放重物，以及在固定范围内装卸、搬运物料的起重机械，广泛应用于工矿企业、车站、码头、港口、仓库、建筑工地等场所，是现代化生产不可缺少的机械设备。

10t 桥式起重机的电气控制电路如图 10-9 所示，电气电路中有 4 台绕线转子电动机，即提升电动机 M1、小车电动机 M2、大车电动机 M3 和 M4，R1 ~ R4 是 4 台电动机的调速电阻。电动机转速由 3 只凸轮控制器控制：QM1 控制 M1，QM2 控制 M2，QM3 控制 M3 和 M4。停车制动分别由制动器 YB1 ~ YB4 进行。

三相电源经刀开关 QF、电路接触器 KM 的主触头和过电流继电器 FA0 ~ FA4 的线圈送到各凸轮控制器和电动机的定子。

扳动 QM1 ~ QM3 中的任一个，它的 4 副主触头能控制电动机的正、反转，中间 5 副触头能短接转子电阻以调节电动机的转速，大车电动机、小车电动机和提升电动机的转向和转速都能得到控制。

M2 是小车电动机，R2 是调速电阻，YB2 是制动电磁铁，KM 是电路接触器，FA0 与 FA2 是过电流继电器，SQ6 是门开关的安全保护，SA1 是紧急停止开关，SB 是起动按钮。QM2 为 KTJ1 –50/1 型凸轮控制器，其中上面 4 副常开触头（1 ~4）用来控制电动机的正反转，下面 5 副常开触头（5 ~9）用来切换电动机的转子电阻以起动和调节电动机的转速，最后 1 副常开触头 12 作零位保护用（此触头只有在零位时才接通），另两个触头（10、11）分别与两个终端限位开关 SQ3 和 SQ4 串联，作终端保护用。触头 10 只有在零位和正转（向前）时是接通的，触头 11 只有在零位和反转（向后）时是接通的。

如果门开关 SQ6 和紧急开关 SA1 是闭合的，控制器放在零位，合上电源开关 QF 后，按

下起动按钮 SB，接触器 KM 得电吸合并自锁。自锁回路有两条，分别由控制器触头 10 和 SQ3 以及触头 11 和 SQ4 组成。三相电源中有一相直接接电动机定子绕组。若将控制器放到正转 1 挡，触头 1、3、10 闭合（此时 KM 仅经 SQ3、触头 10 和自锁触头通电），定子绕组通电，制动电磁铁 YB2 将制动器打开，转子接入全部电阻，电动机起动工作在最低转速挡。当控制器放在正转 2、3、4、5 各挡时，触头 5 ~ 9 逐个闭合，依次短接转子电阻，电动机运转速度越来越快。

将控制器放在反转各挡时，情况与放在正转各挡时相似（KM 经触头 11 及限位开关 SQ4 自锁）。

在运行中，若终端限位开关 SQ3 或 SQ4 被撞开，则 KM 线圈断电，电动机和制动电磁铁同时断电，制动器在强力弹簧下对电动机制动，迅速停车。若要重新起动电动机，必须先将凸轮控制器置零位，再按按钮 SB，然后将控制器扳到反方向，电动机反向起动退出极限位置。

图 10-9 中坐标 7 ~ 10 是保护柜的电气原理图。当 3 台电动机的控制器都置于零位时，坐标 8 上的 3 个零位保护触头 QM1（12）、QM3（12）、QM3（17）都接通。当急停开关 SA1、舱口安全开关 SQ6、横梁栏杆门安全开关 SQ7、SQ8 和过电流继电器的常闭触头

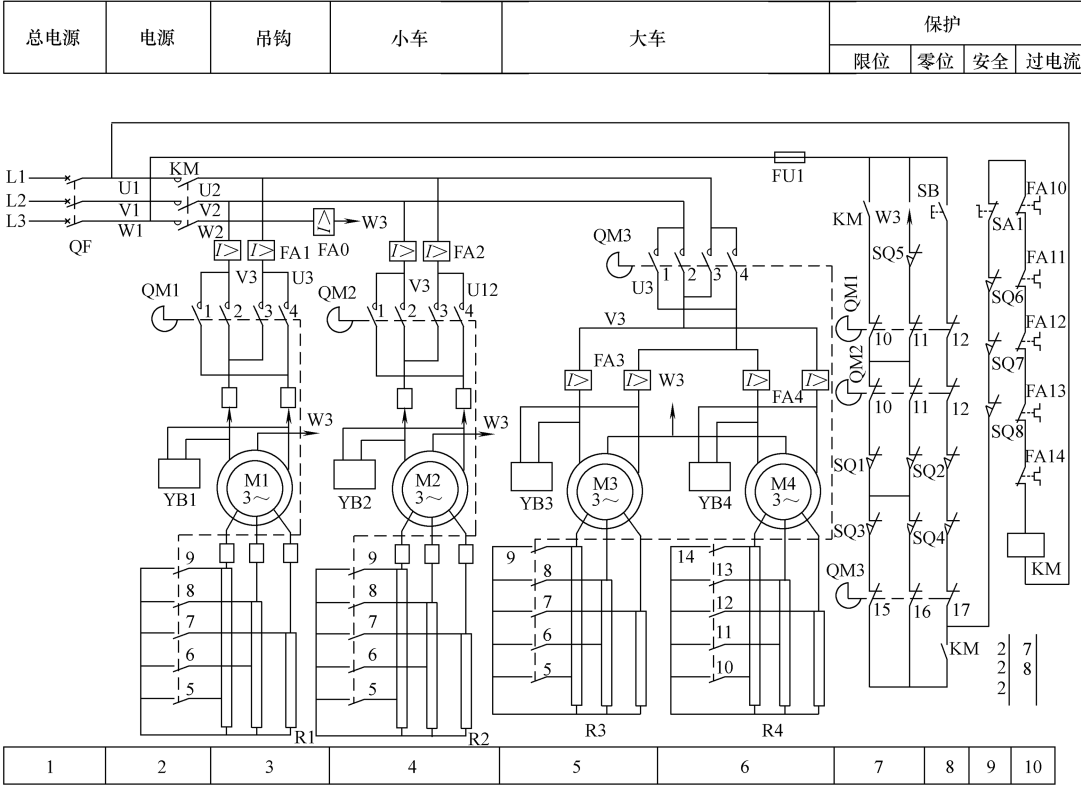


图 10-9　10t 桥式起重机的电气控制电路

FA0～FA4 在闭合位置时，起动条件满足。这时按下按钮 SB 后，接触器 KM 得电，其主触头接通主电路，其辅助触头与终端限位开关触头（SQ1～SQ5）及控制器的触头［QM1（10）和 QM1（11）、QM2（10）和 QM2（11）、QM3（15）和 QM3（16）］串联后形成自锁环节。因此，松开 SB 或控制器离开零位都不会使 KM 释放。

10.10　JS11PDN 型搅拌机控制器应用电路

近年来，电气成型化元器件在不断完善，这里介绍一种自动控制 JS11PDN 型搅拌机控制器，该电路在建筑行业中也得到了很好的应用。因为通常混凝土搅拌机用控制电路需多只电气元件实现正反转控制，而该电路则采用的 JS11PDN 型数字式时间继电器，实际上就是一个成品的搅拌机控制器，如图 10-10 所示。

工作时，按下起动按钮 SB2，搅拌机控制器 KT 得电工作，按照内置正转→停→反转→停……循环并定时。当运转时间到达设定时间后，KT 自动切断内部控制电路，电动机失电停止运转。倘若需要中途手动停止时，则按下停止按钮 SB1 即可。

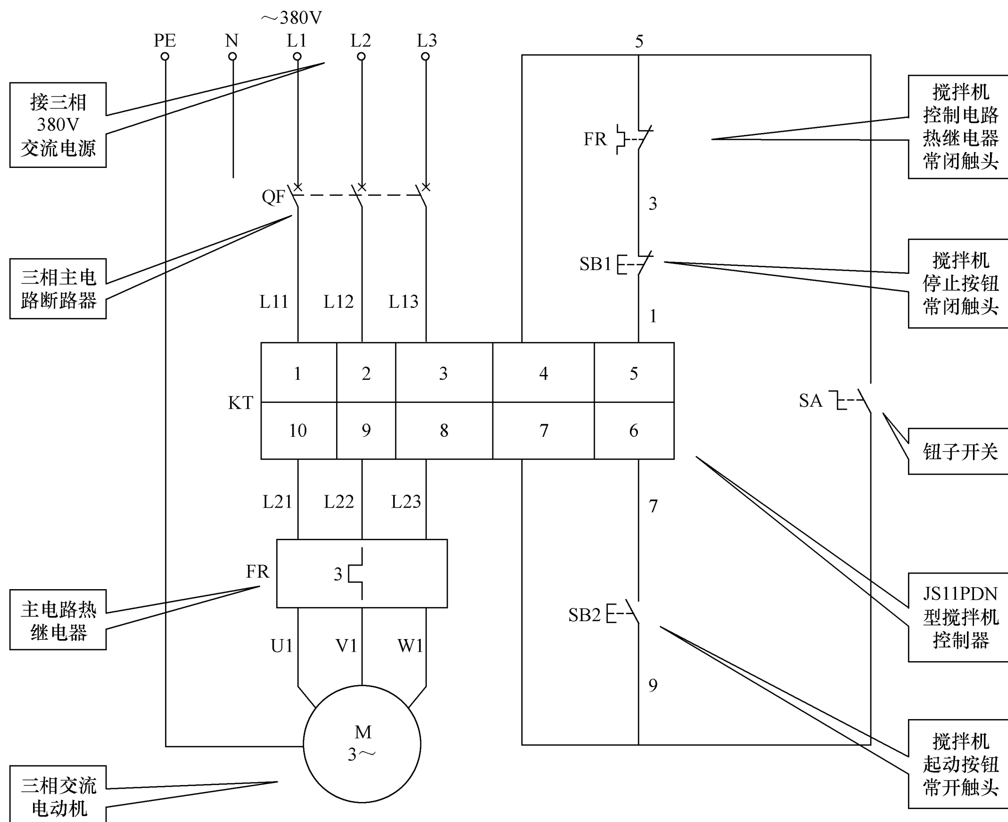


图 10-10　JS11PDN 型搅拌机控制器应用电路

10.11　卷扬机控制电路

在建筑施工中，卷扬机作为提升设备广泛应用，该设备简单、方便、实用，深受使用者青睐。图 10-11 所示为一种卷扬机控制电路。

当需要提升（正转）时，按下正转起动按钮 SB2，交流接触器 KM1 线圈得电吸合且 KM1 常开辅助触头闭合自锁，KM1 三相主触头闭合，电磁制动器 YB 线圈得电松开制动器，电动机得电正转；倘若中途需落下（反转）时，直接按下反转按钮 SB3 无效，其原因是反转起动按钮无法控制正转 KM1 线圈电源，所以 KM1 线圈仍吸合，其串联在反转回路中的常闭触头断开了 KM2 线圈回路电源，使反转起动按钮 SB3 操作无效。若需反转，则必须先按下停止按钮 SB1，使已吸合的正转交流接触器 KM1 线圈断电释放，其互锁常闭触头恢复常闭状态，才能进行反转操作，此时按下反转起动按钮 SB3，交流接触器 KM2 线圈得电吸合且 KM2 常开辅助触头闭合自锁，KM2 三相主触头闭合，电动机反转运转，若中间需要停车，则按下停止按钮 SB1，此时电动机失电停止运转，同时电磁制动器 YB 线圈失电，电磁制动器制动，从而完成停止操作。

10.12　带限位控制的卷扬机控制电路

在建筑施工中，最常用的一种电气设备是带限位控制的卷扬机控制电路，图 10-12 所示为一种带限位控制的卷扬机控制电路。该电路与通常的卷扬机控制电路不同之处是在上升、下降的终端位置分别加装了限位开关，这样，无论是上升还是下降，即使操作不当而没有及时停机也不会造成超出限位事故。

电路中 HL1 为电动机停止兼电源指示灯，HL2 为电动机正转运转指示灯，HL3 为电动机正转到位指示灯，HL4 为电动机反转运转指示灯，HL5 为电动机反转到位指示灯。

上升时，按下上升起动按钮 SB2（3－5），上升交流接触器 KM1 线圈得电吸合且 KM1 常开辅助触头闭合自锁，KM1 三相主触头闭合，电动机得电起动运转，提升机上升；若操作工在操作时没能及时停机，那么上升到终端位置时，限位开关 SQ1 常闭触头断开，将上升交流接触器 KM1 线圈回路电源切断，KM1 线圈断电释放，KM1 三相主触头断开，电动机失电停止运转，从而起到上升终端保护作用。

下降时，按下下降按钮 SB3，下降交流接触器 KM2 线圈得电吸合且 KM2 常开辅助触头闭合自锁，KM2 三相主触头闭合，电动机得电反转，若操作工在操作时没能及时停机，那么下降到终端位置时，限位开关 SQ2 常闭触头断开，将下降交流接触器 KM2 线圈回路电源切断，KM2 线圈断电释放，KM2 三相主触头断开，电动机失电停止运转，从而起到下降终端保护作用。

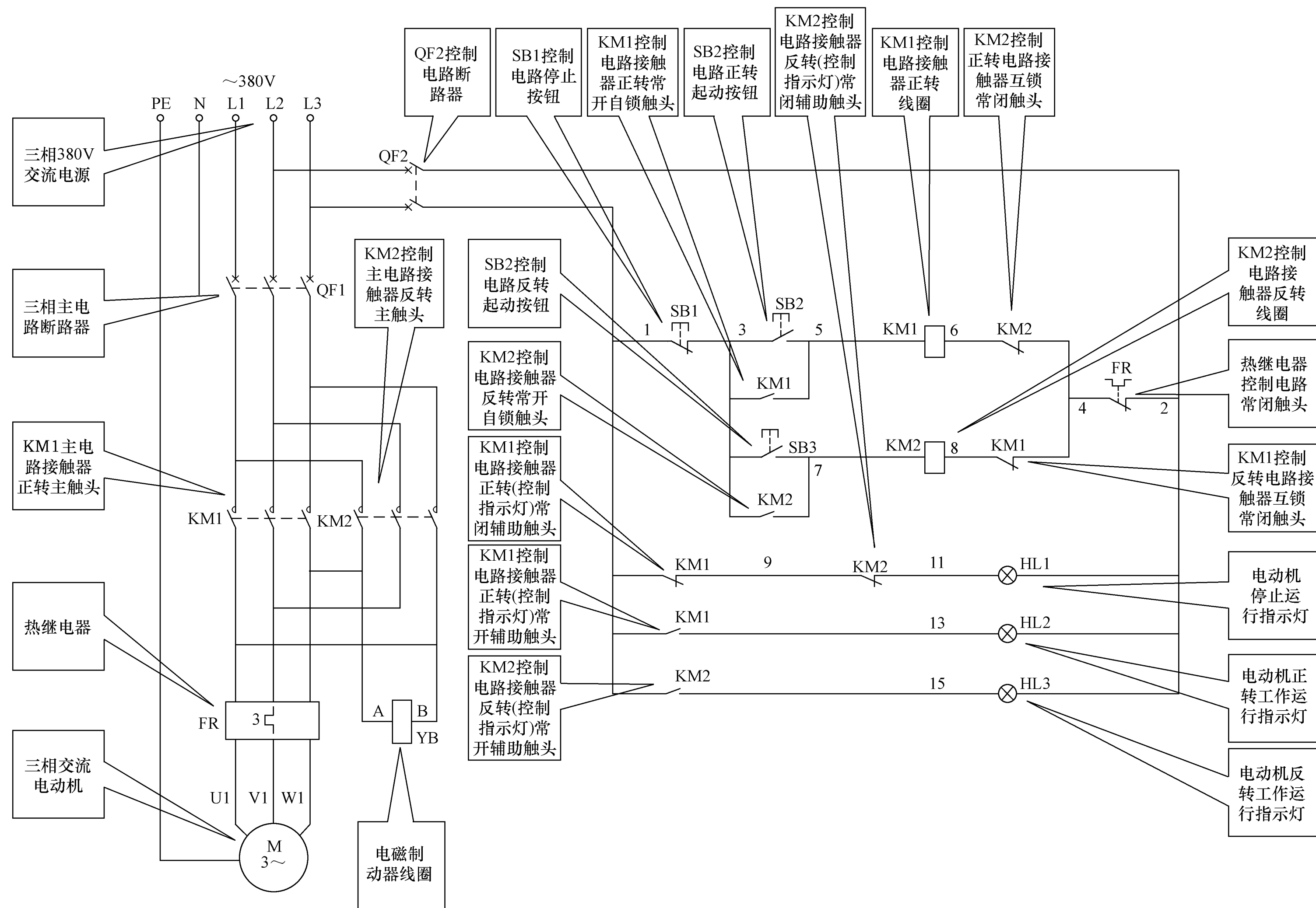


图 10-11　卷扬机控制电路

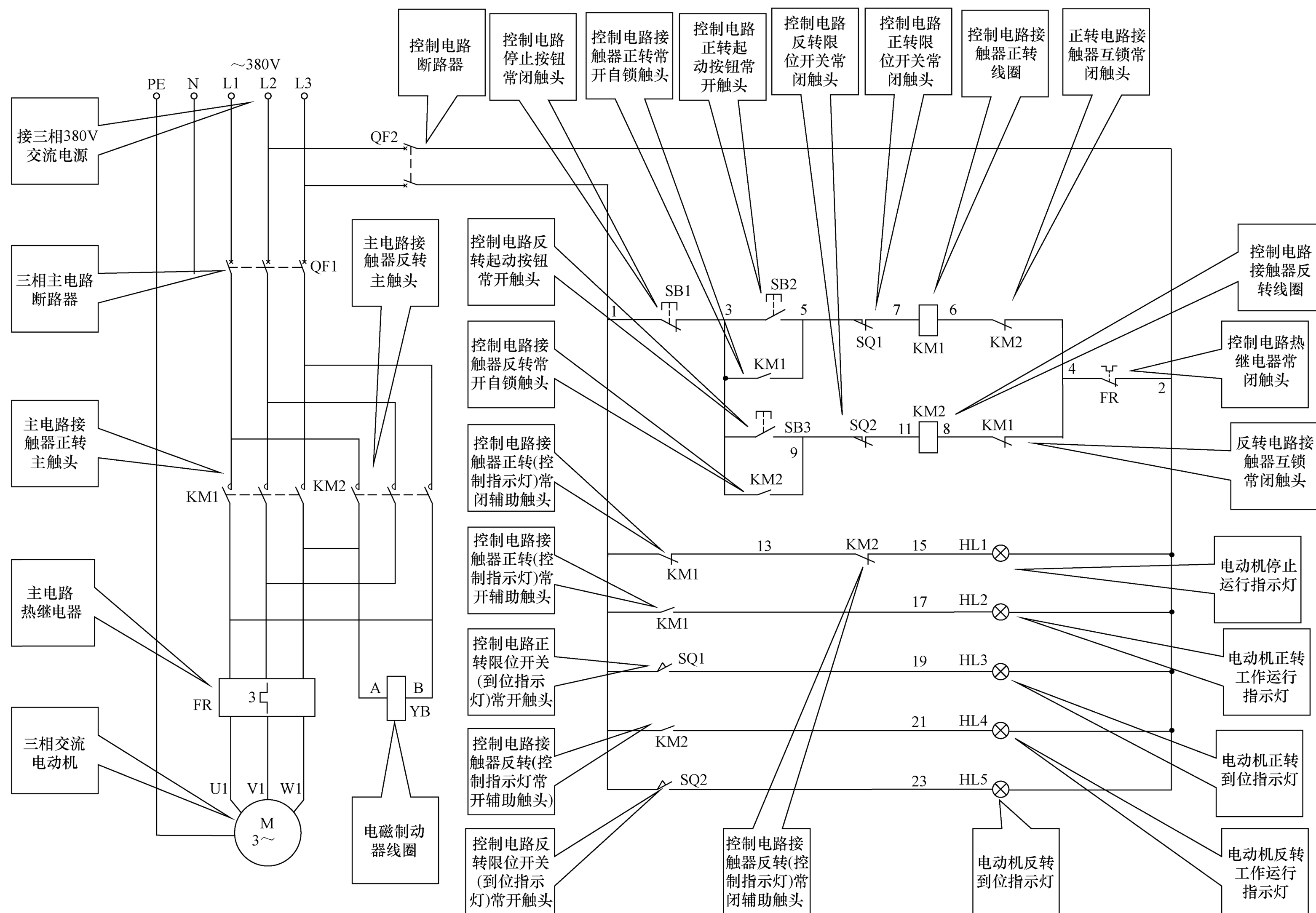


图 10-12　带限位控制的卷扬机控制电路

第 11 章 电动机常用自动控制电路

11.1 电动机自动气体循环炉控温电路

在自动控制电气设备中，电动机气体循环炉是工矿企业单位热处理车间用于低温回火或气体渗碳的井式三相电阻炉。它的电气工作原理如图 11-1 所示，当需要气体循环炉工作时，应合上 QF，并把炉盖盖紧，此时控制电路中的行程开关 SQ 闭合。在工作时，可用开关 SS



图 11-1 电动机自动气体循环炉控温电路

选择手动、自动两种控温方式。下面分别说明其工作原理。

1. 手动方式

首先将组合开关 SS 扳到“手动”位置，这时 SS－1 触头接通，中间继电器 KA 线圈得电吸合，使交流接触器 KM1 动作，电阻炉通电升温，当炉温升至所需要的温度时，把 SS 扳到“0”位置，使 KA 和 KM1 线圈断电，电阻炉断开电源，不再升温。

2. 自动方式

将组合开关 SS 扳到“自动”位置，这时 SS－2 触头接通。由于电子电位差计测温仪表 CB 在温度低于预定温度时，CB 触头呈闭合状态，使继电器 KA 通电吸合，同时 KM1 线圈通电，电阻炉通电升温；当炉温达到预定温度时，CB 触头自动分断，使 KA 线圈断电，KM1 断电，电炉停止升温，实现了自动控温。

风扇电动机由按钮 SB1 直接控制起动自锁，SB2 为其停止按钮。在实际工作中，根据需要可随时手动控制风扇起停。

图 11-1 中 S 为仪表的电源开关，HL1 和 HL2 分别为电阻炉通电或断电指示灯。

11.2 喷水池自动喷水控制电路

为了美化环境，很多地方建造了各种各样的喷水池，与喷水池配套的自动喷水电路也越来越多地应用到了实际当中。下面介绍一种喷水自动控制电路，如图 11-2 所示。图中时间继电器 KT1～KT4 构成延时自动控制电路（点画线框内为由微型电动机控制的时间继电器结构图）。接通开关 QF，并将控制开关 SA 拨到“自”位置，KT1 得电，延时开始。在到达其整定时间之后，KT1 的常开触头（3－4）闭合；KT2 线圈经 KT4（5－6）常闭触头得电动作，KT2 常开触头（5－6）闭合，接通接触器 KM 线圈电源，KM 主触头闭合，加压泵电动机 M 运转，开始喷水。与此同时，KT2 的常闭触头（7－8）处于延时状态，在达到整定时间之后，KT2 的常闭触头（7－8）断开，KM 失电，M 停转，喷水停止。此时 KT2 常开延时触头（3－4）闭合使 KT3 线圈得电，在达到整定时间之后，KT3 的延时触头（5－6）闭合，KT4 线圈得电，KT4 的常开触头（3－4）闭合，KM 动作，M 运转，喷水又开始。同时，KT4 常闭延时触头（5－6）在到达整定时间之后又断开，KM 失电，M 断电，喷水又停止。至此，各时间继电器延时触头复位，并重复以上过程。

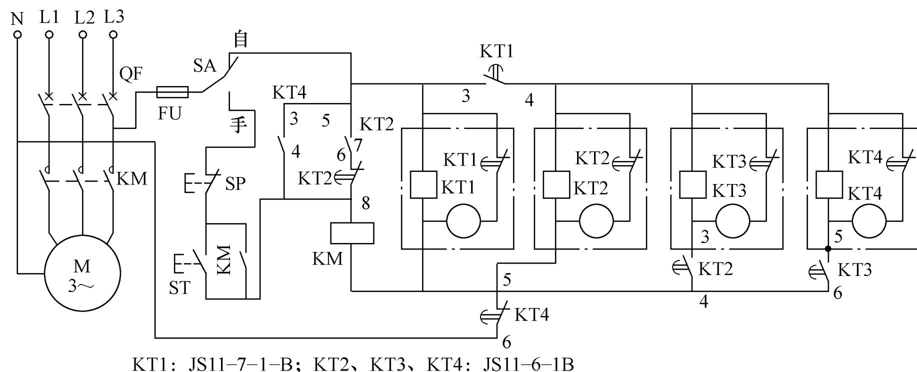


图 11-2 喷水池自动喷水控制电路



11.3 电力变压器自动风冷电路

高压运行电工、值班电工以及维修电工在炎热的夏季常常会遇到电力变压器温度过高的问题，而用自动风冷电路就能解决这一问题。

电力变压器在夏天连续运行时，自身温度会超过65℃，这时就需加风机进行降温，否则会烧坏电力变压器。图11-3所示是一种利用电接点温度计改制的电力变压器自动风冷电路。在高温时起动风机；在低温时，则停止风机工作。WJ1为电接点温度计的上限触头，WJ2为下限触头。当变压器运行、温度升到上限值时，WJ1闭合，风机起动；当变压器温度降为下限时，WJ2闭合，KA动作，使风机停止工作。

11.4 用电接点压力表做水位控制电路

用电接点压力表做水位控制，可有效地防止由于金属电极表面氧化引起的导电不良，使晶体管液位控制器失控。

如图11-4所示，将电接点压力表安装在水箱底部附近，把电接点压力表的三根引线引出，接入此电路中。当把开关S拨到“自动”位置时，如果水箱里面的液面处于下限，电接点压力表动触头接通继电器KA1线圈，继电器KA1吸合，接触器KM得电动作，电动机水泵运转，向水箱供水。当水位液面达到上限值时，电接点压力表动触头与KA2接通，KA2吸合，其常闭触头断开KM线圈回路，使电动机停转，停止注水。待水箱里面的水用完，水位下降到下限时，KA1再次吸合，接通接触器KM线圈电源，使水泵重新运转抽水。这样反复进行下去，达到自控水位的目的。如需人工操作时，可将电路中的开关S拨到“手动”位置，按下按钮SB1可起动水泵电动机。按下按钮SB2可使水泵停止向水箱供水。

电路中继电器KA1、KA2的线圈电压为380V。

11.5 高位停低位开的自动控制电路

用电接点压力表（温度表）可组成高位停低位开的自动控制电路，它可控制水位、压力、温度等应用到自动控制中，例如，热力站送热水进行供暖，测得温度达到高值时停止送热水，温度低到一定设定值时，电动机重新自动起动进行供热水，达到自动控制目的。水位也同理，能达到测量仪表在高位时，电动机停止运行，低位时，电动机自动起动。另外电路还可通过开关手动切换为“自动”与“手动”位置，操作十分方便。举一反三，可组合出各种自动控制电路。图11-5所示是一种高位停低位开的自动控制电路。

11.6 排气扇自动控制电路

为了防止使用家庭用热水器时忘开排气扇，使废气不能顺畅排出而发生险情，可采用排气扇自动控制电路以保证室内通风安全。其电路如图11-6所示。

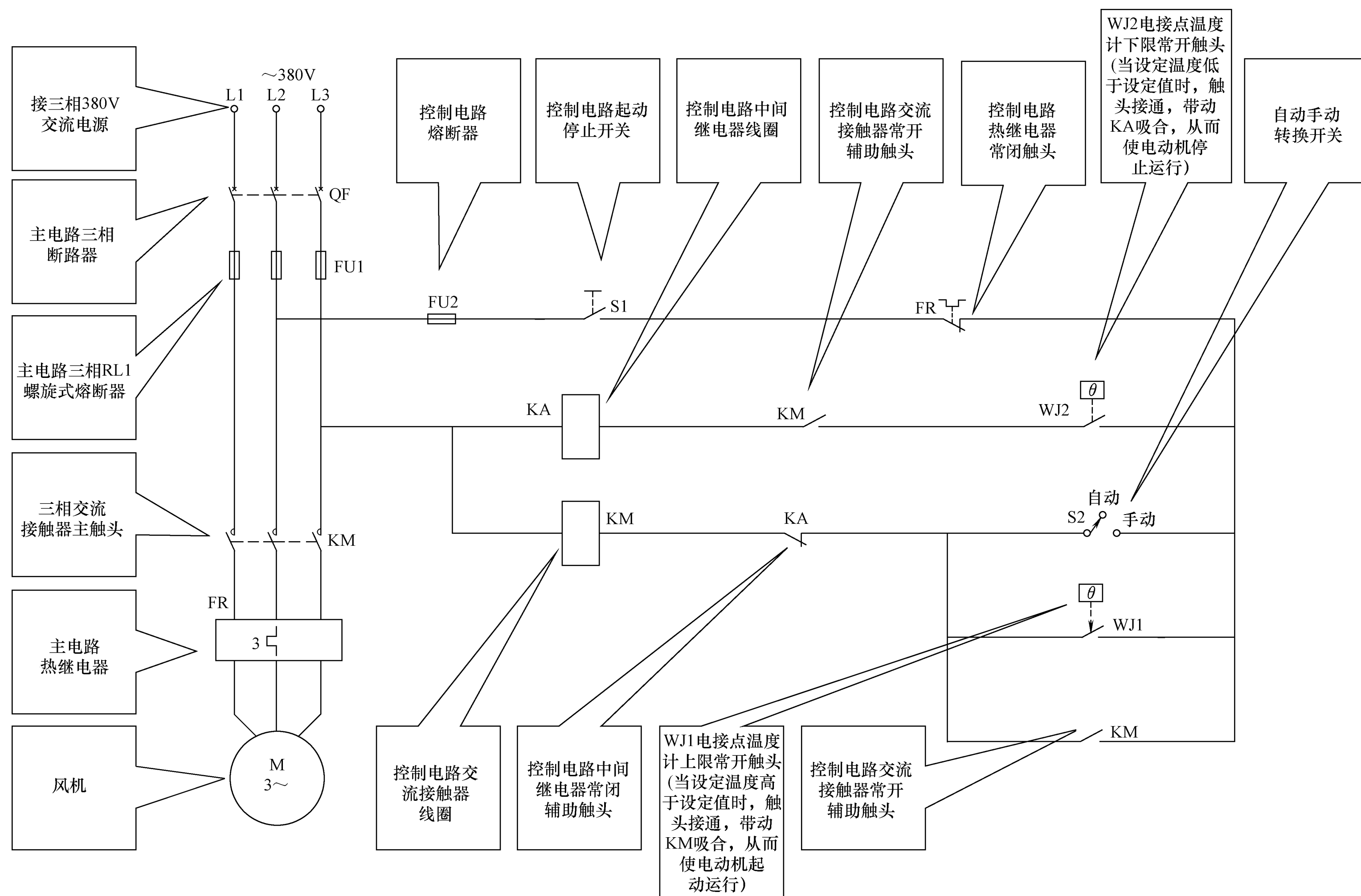


图 11-3　电力变压器自动风冷电路

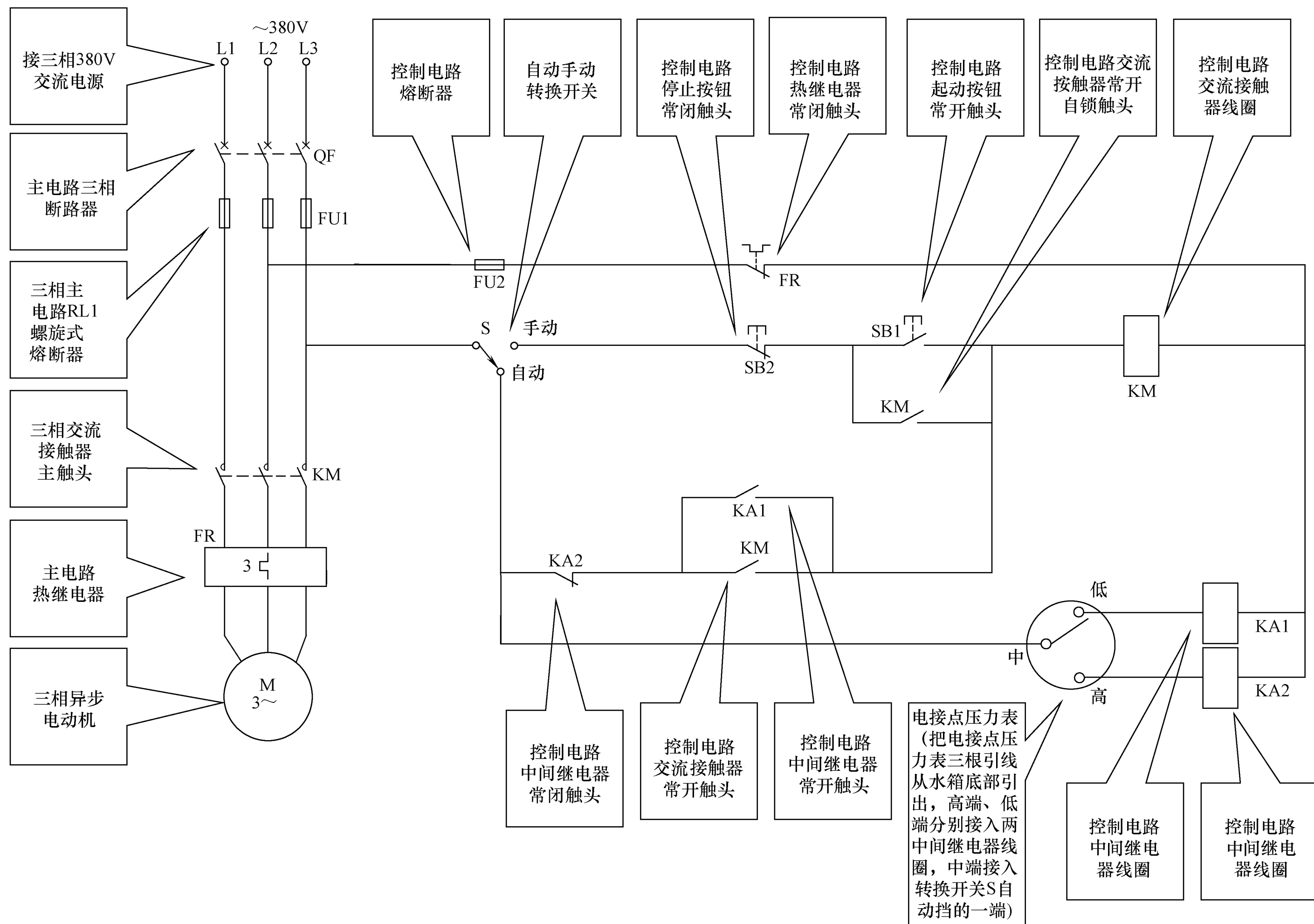


图 11-4　用电接点压力表做水位控制电路

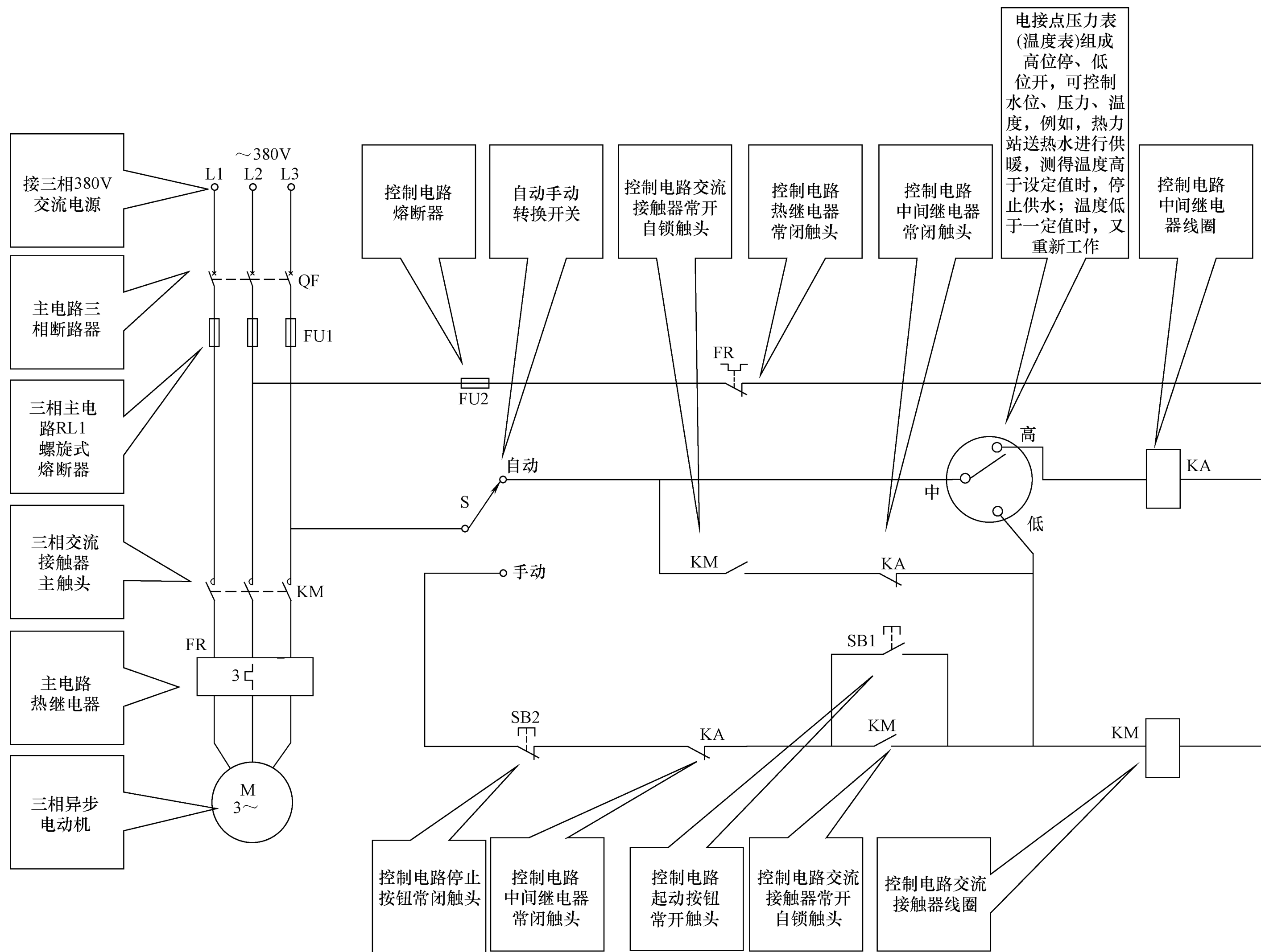


图 11-5　高位停低位开的自动控制电路

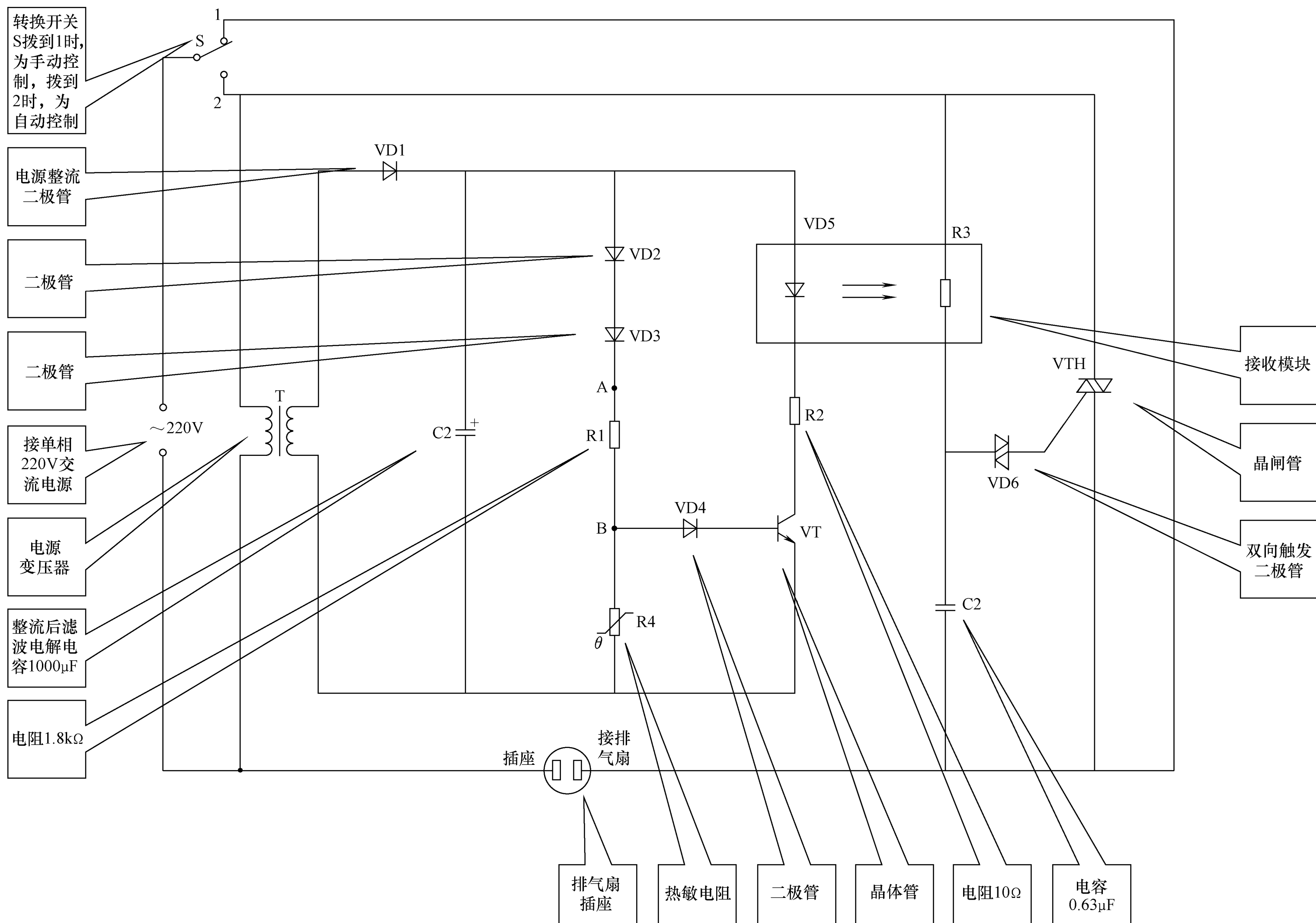


图 11-6　排气扇自动控制电路

图 11-6 中的开关 S 与“1”点闭合时，可手动开启排气扇；与“2”点闭合时，排气扇处于自动工作状态。

当打开热水器时，热水器排气口温度明显升高，热敏电阻 R4 装在排气口上方，由于热传递，R4 温度升高，阻值增大，U_B 升高，当 U_B 大于 1.4V 时，晶体管 VT 导通，光耦合器工作，从而触发双向晶闸管 VTH 导通，自动起动排气扇。

11.7 空气压缩机自动控制电路

在自动控制中，空气压缩机也是最需要自动控制的一种机械设备。在空气压缩机上不但配备有减压阀、压力表，另外还装有压力继电器，空气压缩机的自动控制电路如图 11-7 所示。

当空气压缩机工作时，按下起动按钮 SB1，电动机直接起动运转，系统压力上升，直到压力继电器接通电路 B 与 B1 之间触头，这时中间继电器 KA2 动作，其常闭触头分断，切断

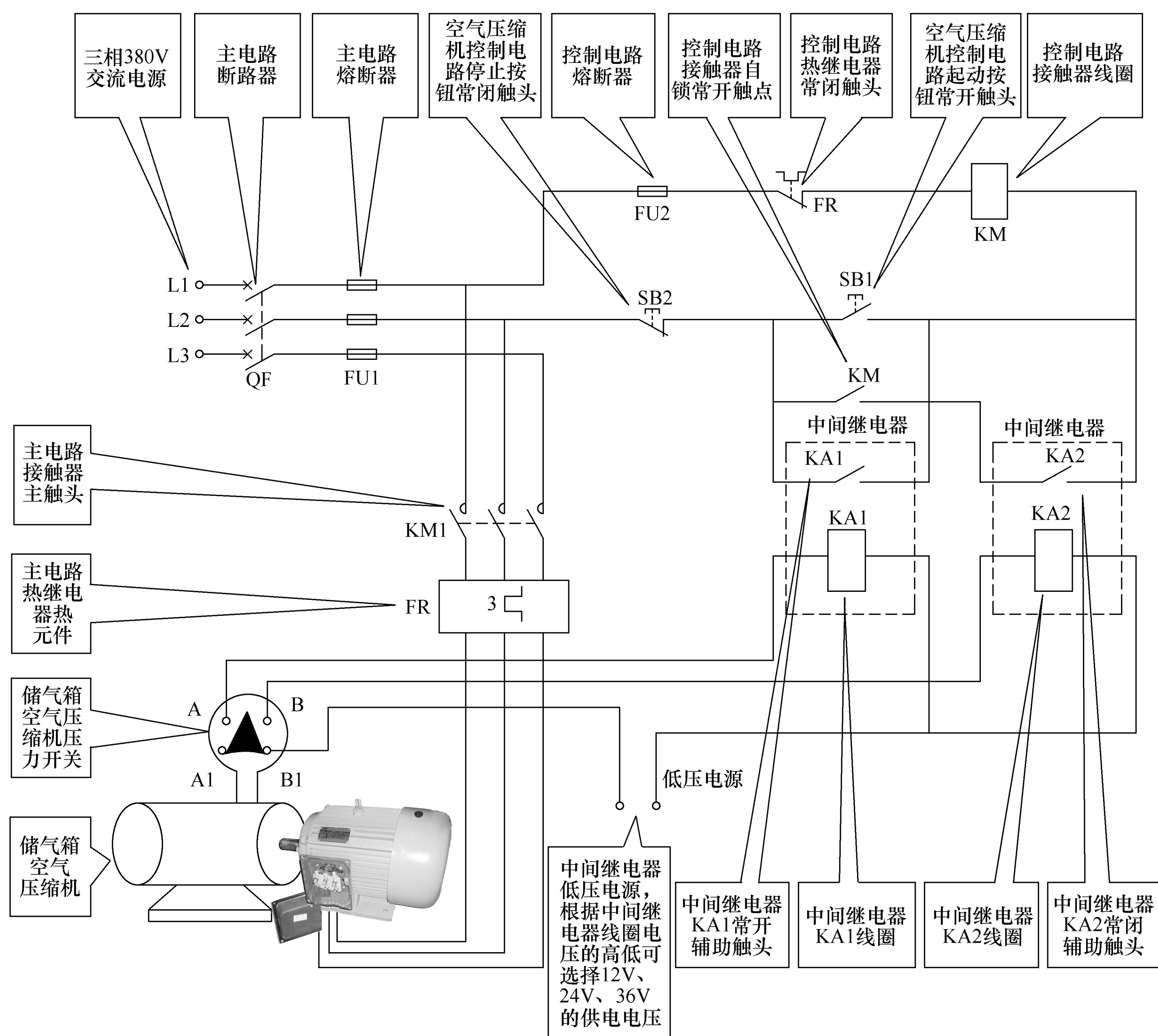


图 11-7　空气压缩机的自动控制电路

控制电路，电动机自动停转。当系统压力降到规定数值时，压力继电器接通电路 A 与 A1 触头接通，这时中间继电器 KA1 动作，其常开触头闭合，接通控制电路，电动机又起动运转，使系统压力回升。

这种控制电路可将系统压力维持在一定范围内，达到自动控制压力的目的。

11.8 砂轮机脚踏开关应用电路

脚踏开关广泛应用于医疗卫生、机械加工、塑料制品等行业。只要工作人员踏上开关 S，交流接触器 KM 线圈就会立即得电吸合，其三相主触头闭合，电动机得电起动运转。当工作完毕后，工作人员只要离开工作台，脚踏开关 S 就会自动断开，交流接触器 KM 线圈就会断电释放，其三相主触头断开，切断了电动机电源，电动机失电停止运转。

采用这种方法，既简单，又方便实用。图 11-8 是砂轮机脚踏开关应用电路，按照电路

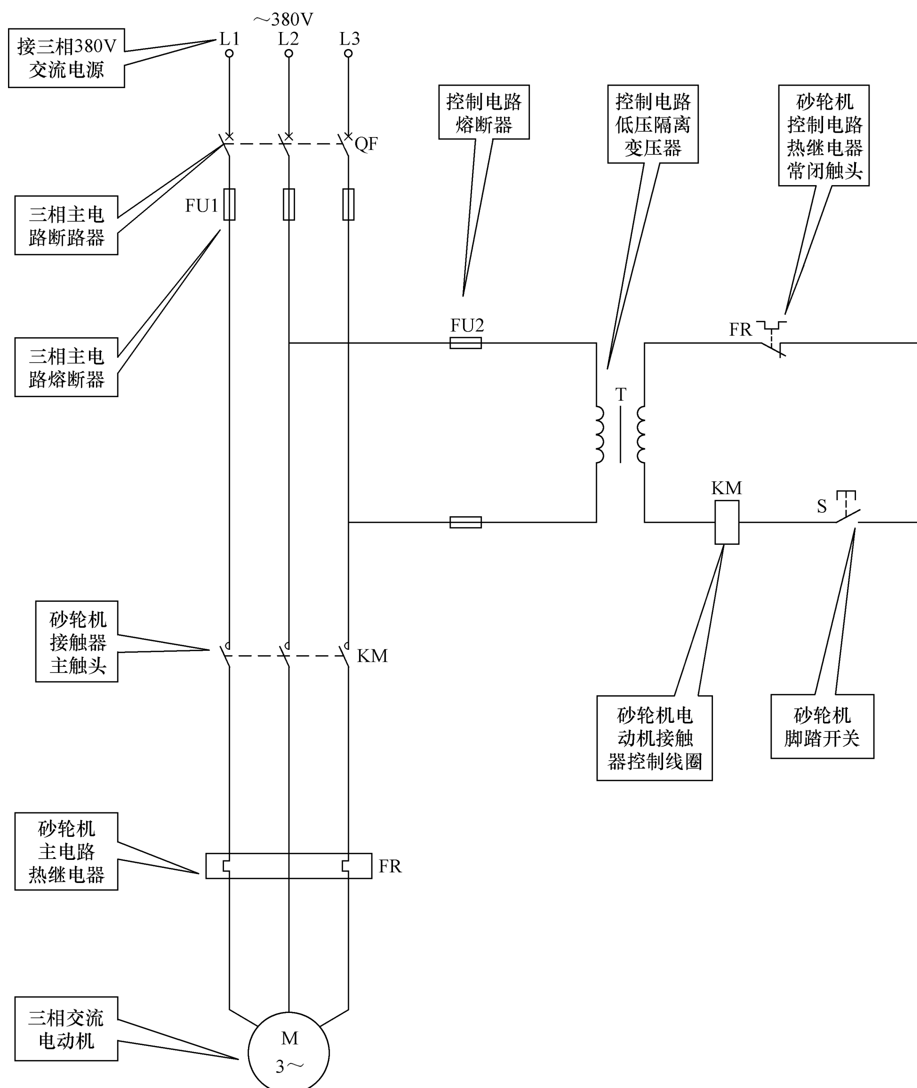


图 11-8　砂轮机脚踏开关应用电路

图上元器件及说明，就能自行安装一台非常实用的脚踏开关操作机械设备实用装置，图中脚踏开关可选用 TFS201 型。

11.9　双回路单相电源自投控制电动机电路

图 11-9 所示是双回路单相电源自投控制电动机电路。当一路电源因故障停止时，备用电源能自动投入，这种电路应用于要求电动机不能随意停止运行的特殊场合。图中 S1、S2 为小型开关，KM1、KM2 为交流接触器。工作时，先合上开关 S1，交流接触器 KM1 吸合，由甲电源供电。然后合上开关 S2，因 KM1、KM2 互锁，此时 KM2 不会吸合，乙电源处于备用状态。如果甲电源因故断电，交流接触器 KM1 释放，其常闭触头闭合，接通 KM2 线圈电路，KM2 吸合，乙电源投入供电。也可以先合上开关 S2，后合上开关 S1，使甲电源为备用电源。

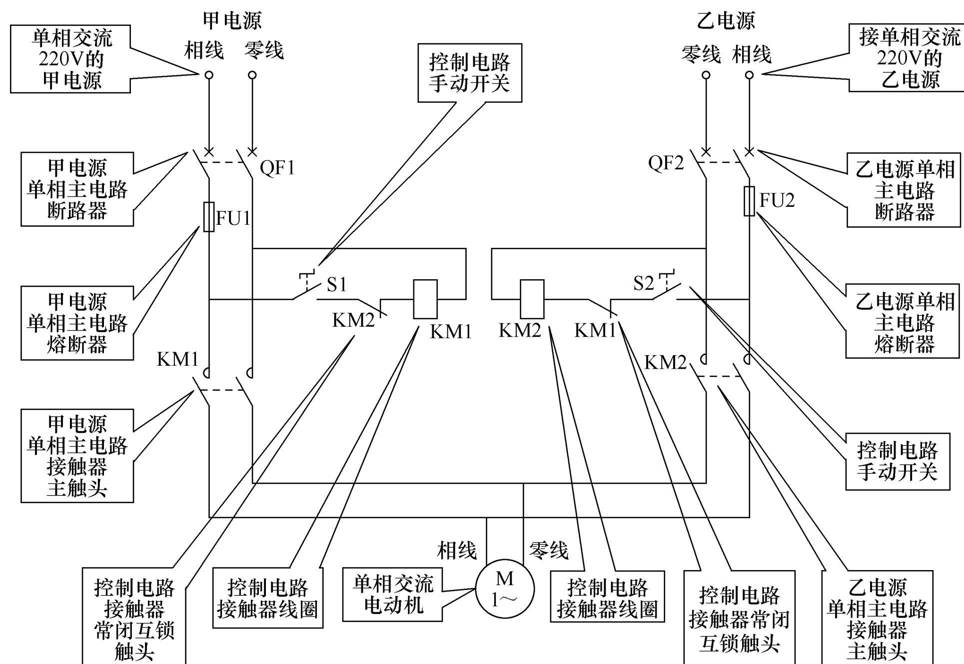


图 11-9　双回路单相电源自投控制电动机电路

11.10　双回路三相电源自投控制电动机电路

图 11-10 所示是一双回路三相电源自投控制电动机电路，这种电路也应用于要求电动机不能随意停止运行的特殊用途中，例如地下室抽风机等重要场所。用电时可同时合上刀开关 QF1 和 QF2，接通开关 S1、S2，KM1 得电吸合，同时，时间继电器 KT 也得电，但由于 KM1 的吸合，KM1 常闭触头又断开了 KT 时间继电器的电源，这时甲电源向负载供电。当

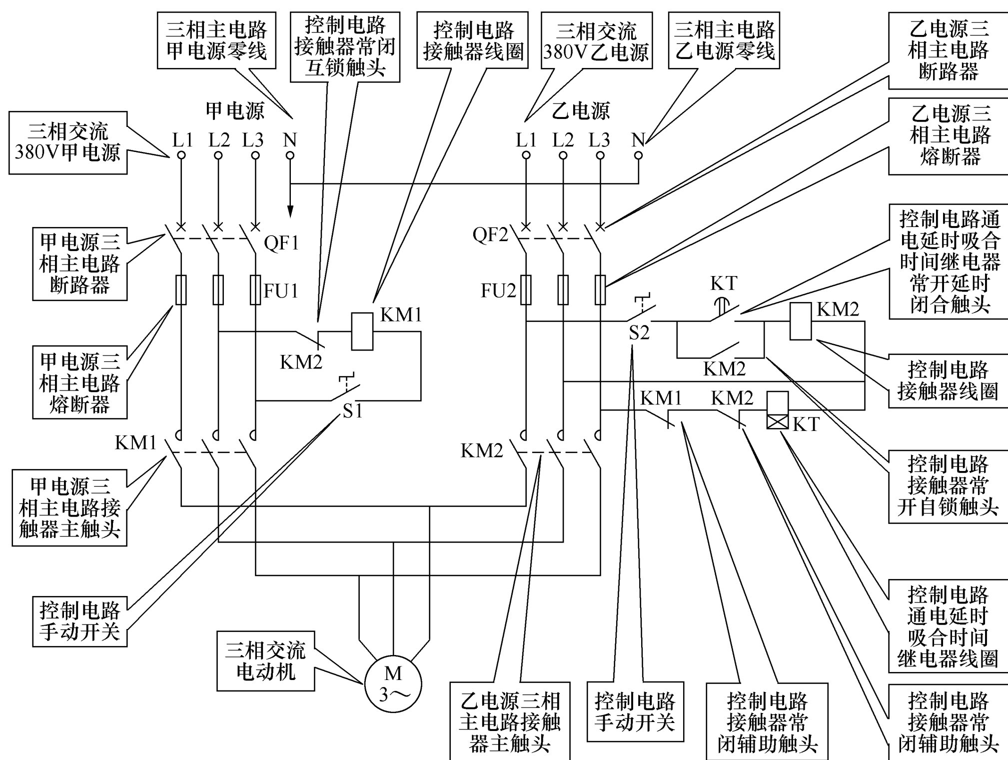


图 11-10　双回路三相电源自投控制电动机电路

甲电源因故停电时，接触器 KM1 释放，这时 KM1 常闭触头闭合，接通时间继电器 KT 线圈上的电源，时间继电器经延时数秒钟后，使 KT 延时常开触头闭合，KM2 得电吸合，并自锁。由于 KM2 的吸合，其常闭触头一方面断开延时继电器线圈电源，另一方面又断开 KM1 线圈的电源回路，使甲电源停止供电，保证乙电源进行正常供电。如果乙电源工作一段时间停电后，KM2 常闭触头会自动接通线圈 KM1 的电源，换为甲电源供电。

接触器应根据负载大小选定，时间继电器可选用 0 ~ 60s 的交流时间继电器。

第12章 电动机常用供排水控制电路

供水和排水应用电路在电工工作中也是常见的应用电路之一。过去，它广泛应用于工业生产中，但随着近年来高层建筑的不断增多，大型住宅社区也需二次供水，另外有些城市地下污水的排水也用到排水自动控制，这些方面都应用到了电动机自动控制供排水电路。下面分别介绍几种电动机常用供排水控制电路供电工朋友根据自己实际工作需求选用和维修。

12.1 采用JYB714型电子式液位继电器控制220V单相电动机进行供水的自动控制电路

采用JYB714型电子式液位继电器控制220V单相电动机进行供水的自动控制电路及接线说明如图12-1所示。电路中1、8接220V电源；2、3接内部继电器常开触头；5接高水位H电极；6接中水位M电极；7接低水位L电极。

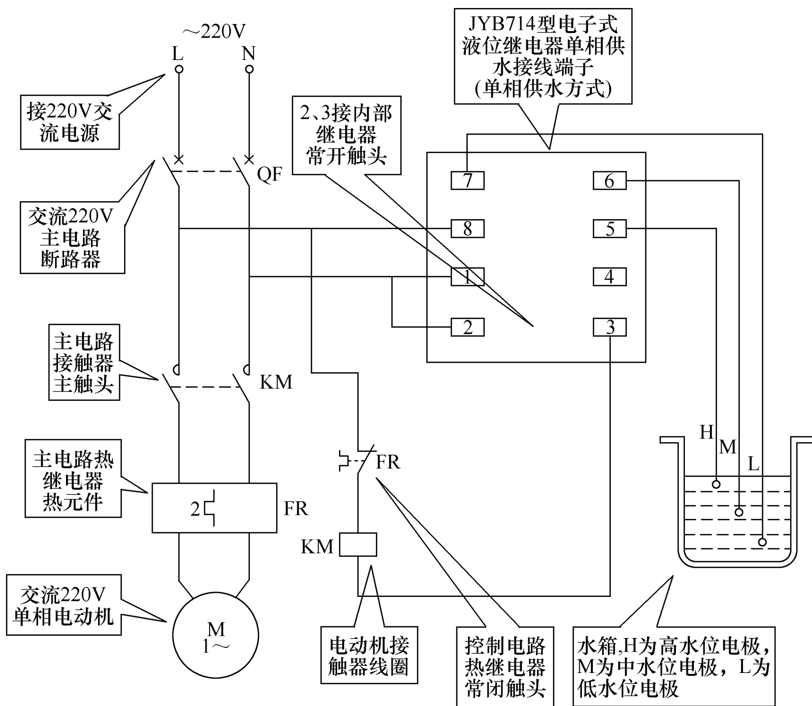


图12-1 采用JYB714型电子式液位继电器控制220V单相电动机进行供水的自动控制电路

12.2 采用 JYB714 型电子式液位继电器控制 380V 三相电动机进行供水的自动控制电路

在很多场合需要水泵向水塔供水；也有很多地方，需要潜水泵或水泵向外排水，完成无人值守自动控制。这时，通常采用 JYB714 型电子式液位继电器来进行控制。它工作可靠，接线简单方便。

采用 JYB714 型电子式液位继电器控制 380V 三相电动机进行供水的自动控制电路及接线说明如图 12-2 所示。电路中，1、8 接 380V 电源；2、3 接内部继电器常开触头；5 接高水位 H 电极；6 接中水位 M 电极；7 接低水位 L 电极。

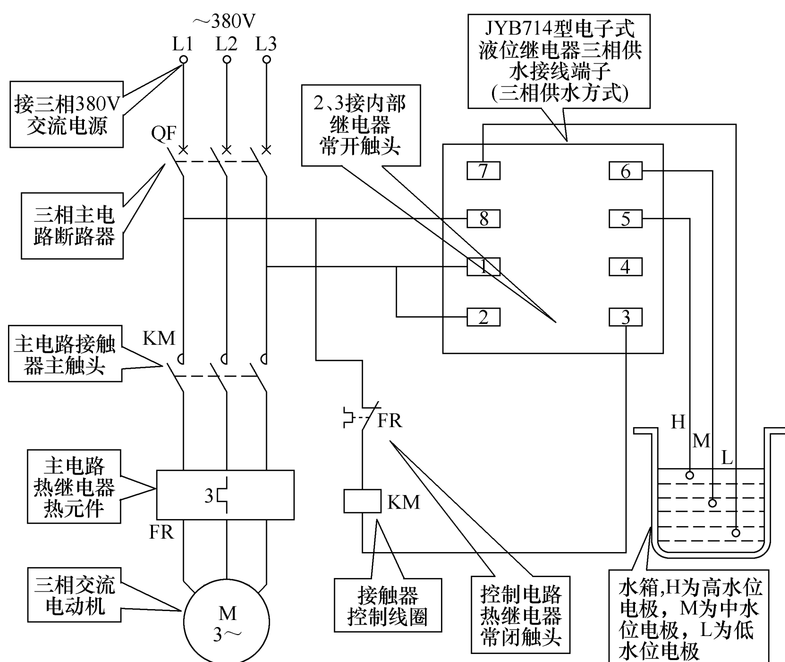


图 12-2 采用 JYB714 型电子式液位继电器控制 380V 三相电动机进行供水的自动控制电路

12.3 采用 JYB714 型电子式液位继电器控制 220V 单相电动机进行排水的自动控制电路

采用 JYB714 型电子式液位继电器控制 220V 单相电动机进行排水的自动控制电路及接线说明如图 12-3 所示。电路中 1、8 接 220V 电源；3、4 接内部继电器常闭触头；5 接高水位 H 电极；6 接中水位 M 电极；7 接低水位 L 电极。

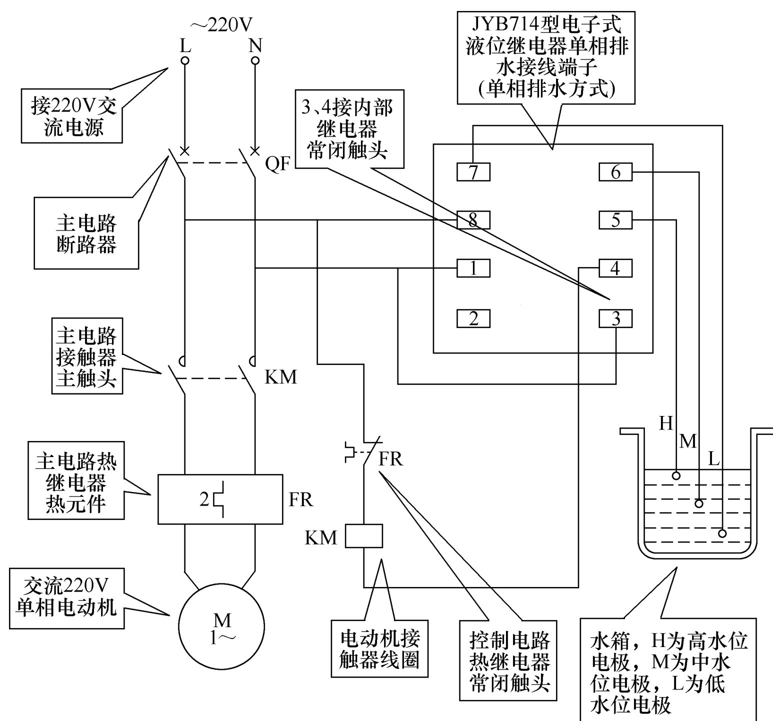


图 12-3　采用 JYB714 型电子式液位继电器控制 220V 单相电动机进行排水的自动控制电路

12.4　采用 JYB714 型电子式液位继电器控制 380V 三相电动机进行排水的自动控制电路

采用 JYB714 型电子式液位继电器控制 380V 三相电动机进行排水的自动控制电路及接线说明如图 12-4 所示。电路中，1、8 接 380V 电源；3、4 接内部继电器常闭触头；5 接高水位 H 电极；6 接中水位 M 电极；7 接低水位 L 电极。

12.5　采用 JYB－3 型电子式液位继电器控制 220V 单相电动机进行供水的自动控制电路

采用 JYB－3 型电子式液位继电器控制 220V 单相电动机进行供水的自动控制电路及接线说明如图 12-5 所示。电路中 1、8 接 220V 电源；2、3 接内部继电器常开触头；5 接高水位 H 电极；6 接中水位 M 电极；7 接低水位 L 电极。



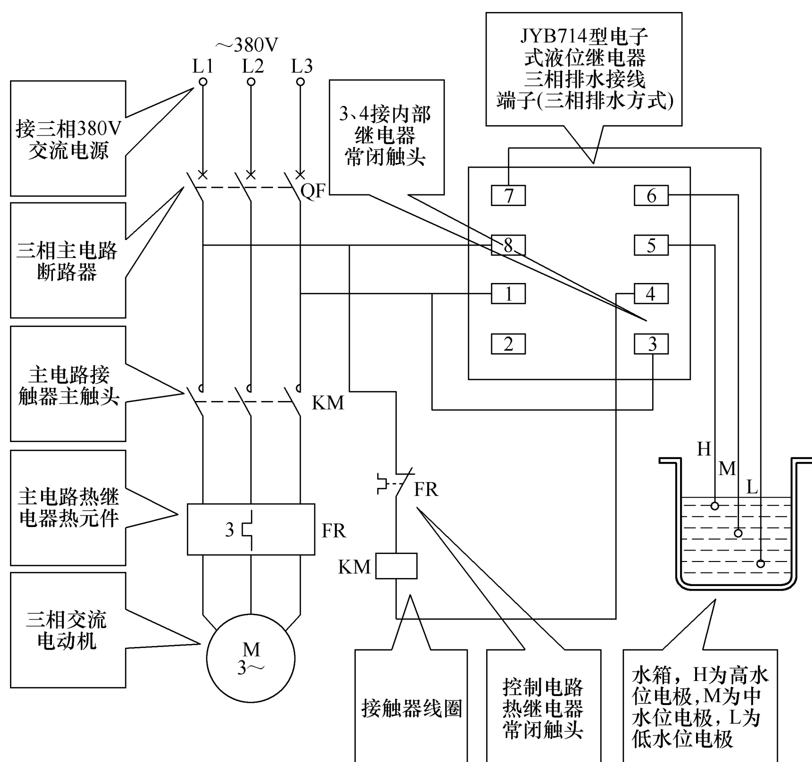


图 12-4　采用 JYB714 型电子式液位继电器控制 380V 三相电动机进行排水的自动控制电路

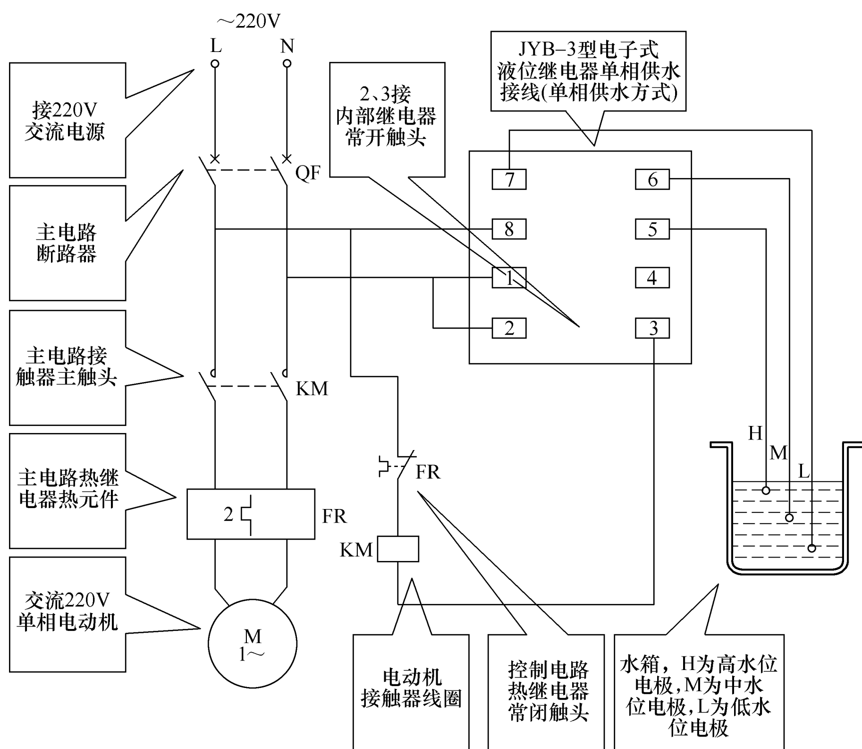


图 12-5　采用 JYB－3 型电子式液位继电器控制 220V 单相电动机进行供水的自动控制电路

12.6　采用 JYB－3 型电子式液位继电器控制 380V 三相电动机进行供水的自动控制电路

采用 JYB－3 型电子式液位继电器控制 380V 三相电动机进行供水的自动控制电路及接线说明如图 12-6 所示。电路中 1、8 接 380V 电源；2、3 接内部继电器常开触头；5 接高水位 H 电极；6 接中水位 M 电极；7 接低水位 L 电极。

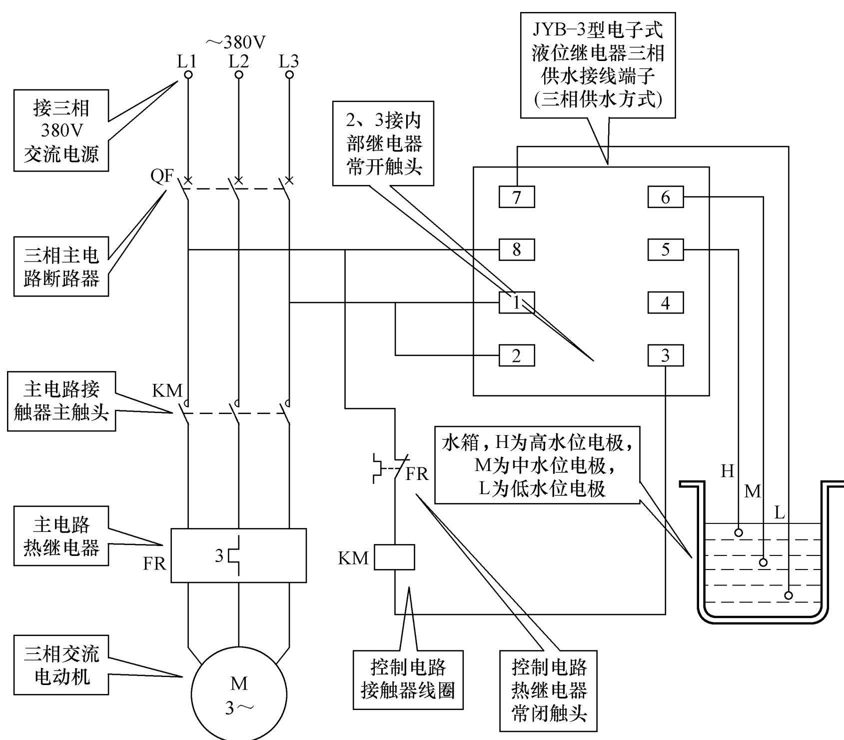


图 12-6　采用 JYB－3 型电子式液位继电器控制 380V 三相电动机进行供水的自动控制电路

12.7　采用 JYB－3 型电子式液位继电器控制 220V 单相电动机进行排水的自动控制电路

采用 JYB－3 型电子式液位继电器控制 220V 单相电动机进行排水的自动控制电路及接线说明如图 12-7 所示。电路中 1、8 接 220V 电源；3、4 接内部继电器常闭触头；5 接高水位 H 电极；6 接中水位 M 电极；7 接低水位 L 电极。

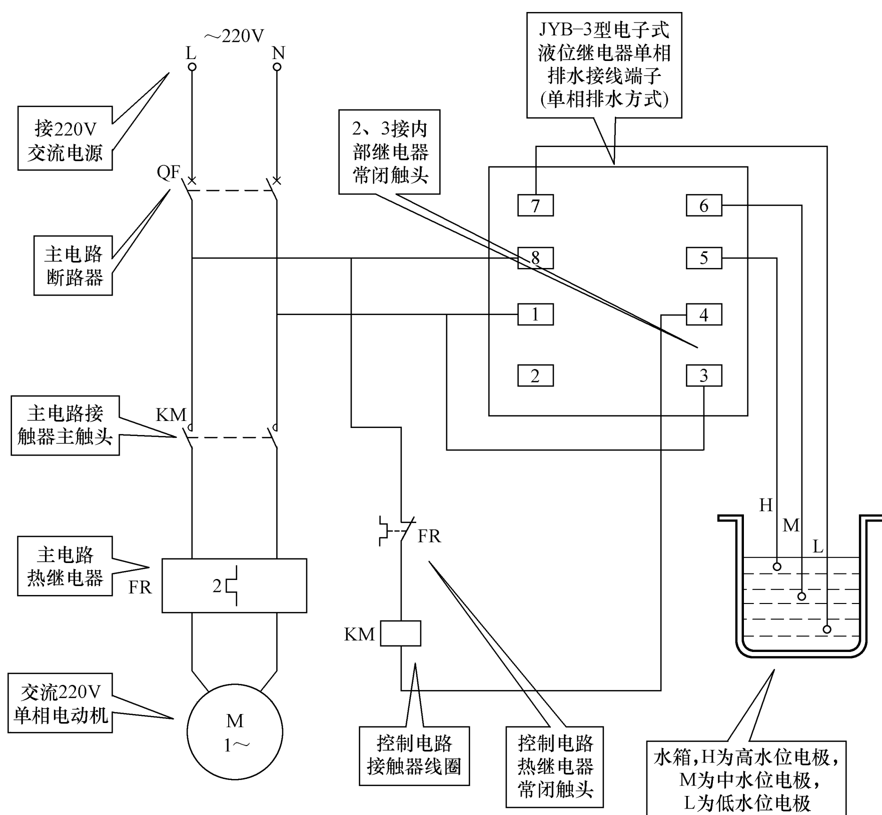


图 12-7　采用 JYB－3 型电子式液位继电器控制 220V 单相电动机进行排水的自动控制电路

12.8　采用 JYB－3 型电子式液位继电器控制 380V 三相电动机进行排水的自动控制电路

采用 JYB－3 型电子式液位继电器控制 380V 三相电动机进行排水的自动控制电路及接线说明如图 12-8 所示。电路中 1、8 接 380V 电源；3、4 接内部继电器常闭触头；5 接高水位 H 电极；6 接中水位 M 电极；7 接低水位 L 电极。

12.9　UQK－2 型浮球液位变送器接线电路

UQK－2 型浮球液位变送器可用于多种场合的开口及压力容器内进行液面连续检查。该仪表用不锈钢材料制造，耐腐蚀性强，适用范围广，且结构简单、工作可靠，不受被测介质电性能的影响，无泡沫，不会造成虚假液位的现象。

UQK－2 型浮球液位变送器工作原理：仪表由接线盒、导管、磁性浮球及上下挡圈组成，导管内装有磁敏器件和电阻骨架板。UQK－2 型浮球液位变送器外形结构如图 12-9a所示。当液面发生变化时，浮球沿导管随液面升降，在浮球磁场作用下，导管内的磁敏器件依次闭合，从而得到正比于液位的电阻信号，实行对液位的连续检测。UQK－2 型浮球液位变送器接线电路如图 12-9b 所示。



图 12-8　采用 JYB－3 型电子式液位继电器控制 380V 三相电动机进行排水的自动控制电路

a) UQK–2型浮球液位变送器外形结构



b) UQK–2型浮球液位变送器接线电路

图 12-9　UQK－2 型浮球液位变送器外形结构和接线电路

技术指标：测量范围为 0～4～7m；测量误差范围为 ±(10～20)mm；环境温度为 －10～150℃；工作压力≥0.6MPa；测量区域为 1500m 上下两端；安装形式为垂直于液面。

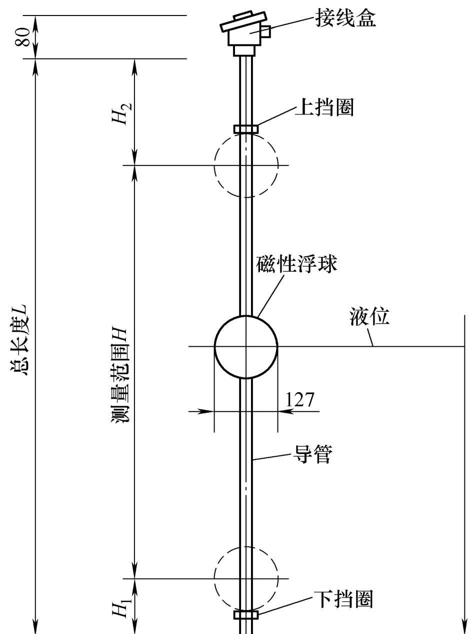


安装与接线：该仪表应垂直于液面安装，以减少浮球的阻力，在导管 H_2 段用 U 形卡紧固在容器壁上，离壁距离不小于 200mm，变送器 L 超过 3m 时，应考虑上下两端固定。

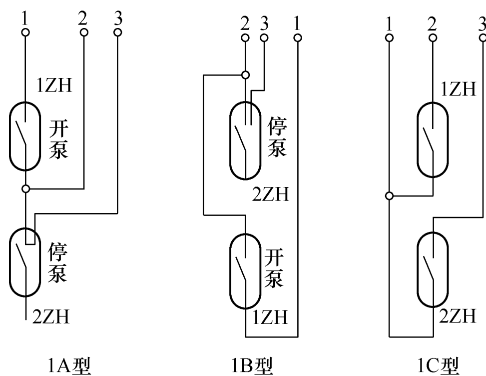
该变送器采用三线制，三根导线的电阻应不大于 5Ω，并且相互之差应不大于 0.05Ω。注意：该仪表不能在强磁场条件下工作。

12.10 UQK 型液位变送器（旧型号 GSK）接线电路

UQK 型液位变送器用不锈钢制造，耐腐蚀性强，适用范围广。检测管中装有上下限位干簧管，装有磁钢的浮球随液位变化，使不同位置的干簧管动作，通过控制电路将液位控制在预定范围内。图 12-10a 所示为 UQK 型浮球液位变送器外形结构。

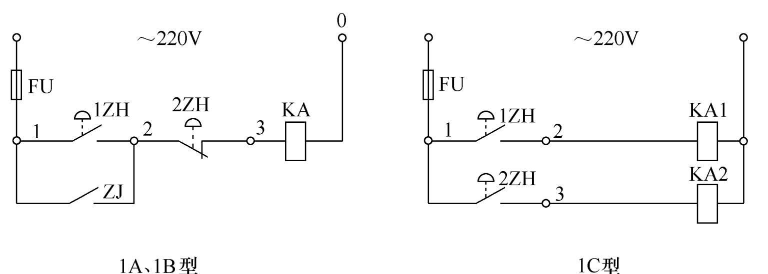


a) UQK型浮球液位变送器外形结构

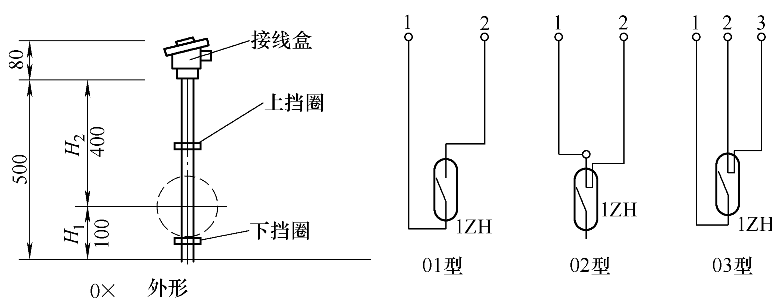


b) UQK型(1A、1B、1C)浮球液位变送器触头形式

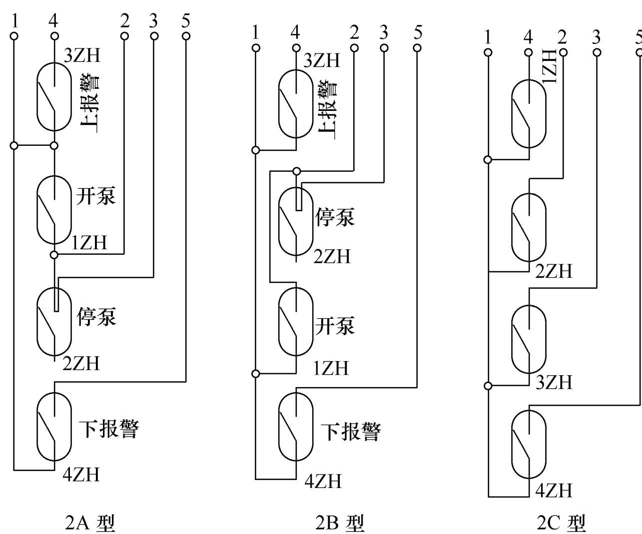
图 12-10 UQK 型浮球液位变送器



c) UQK型浮球液位变送器接线电路



d) UQK型(01、02、03)浮球液位变送器外形结构及触头形式



e) UQK(2A、2B、2C) 浮球液位变送器触头形式

图 12-10　UQK 型浮球液位变送器（续）



其性能指标如下：

1）测量控制范围为 0.5～7m。

2）被测介质相对密度≥1.0。

3）被测介质黏度≥1.25St（$1St=1cm^2/s$）。

4）触头容量：AC220V、2A。

5）压力为 0.6MPa。

6）温度为 40～150℃。

UQK 型（1A、1B、1C）液位变送器触头形式如图 12-10b 所示，UQK 型液位变送器接线电路如图 12-10c 所示。

使用与安装：该变送器应垂直安装在被测容器内，尽量远离进液口，避免液面波动影响准确度，离壁距离不小于 200mm，接线盒高于逆流口 200mm，应固定浮球上下限位挡圈，并调整干簧管距离。

01、02、03 型高液位浮球液压变送器，当液位到达指定高度时，可输出通、断信号，供远距离报警或控制用，其外形及触头形式如图 12-10d 所示。

2A、2B、2C 型只是比 1A、1B、1C 型增加了下限位超位报警信号，UQK 型（2A、2B、2C）浮球液位变送器触头形式如图 12-10e 所示。

12.11 GDB 型双池液位控制器电路

GDB 型双池液位控制器是由独特的大功率集成电路设计而成，大大地提高了该控制器的灵敏度和使用寿命。此外，该控制器电极不受水垢的影响，箱体缺水时就会自动开机，水满时就会自动停机。同时可控制抽水池高液位自动开机，低液位自动停机，保证抽水泵无断水之类故障的发生，性能可靠。

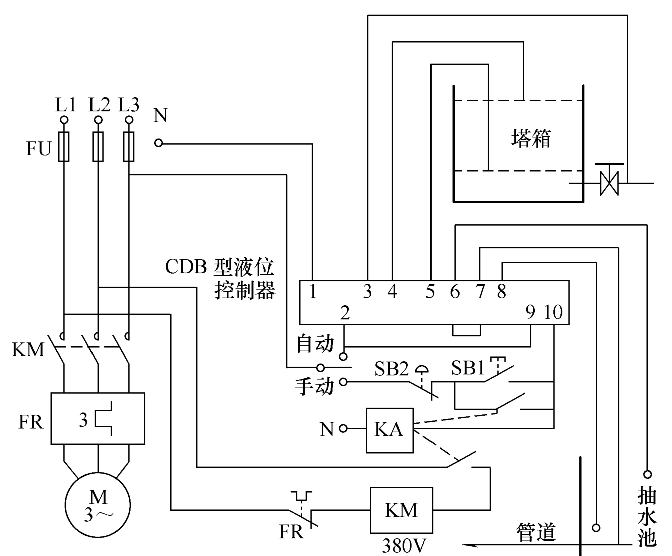
GDB 型双池液位控制器电源为 AC 220V/50Hz，能耗为≤3W，控制距离为 5～1000m，准确度为 ±1mm。

安装时接线端子由左向右顺序，1、2 接电源，3 接塔箱搭铁，4 接塔箱上限，5 接塔箱下限，6 接抽水池上限，7 接搭铁，8 接抽水池下限（抽水池不需控制时，6、7 短接），9、10 为输出开关信号。按图 12-11 所示连接电控柜，即可实现池塔双控、池液位高开低停和塔液位低开高停。

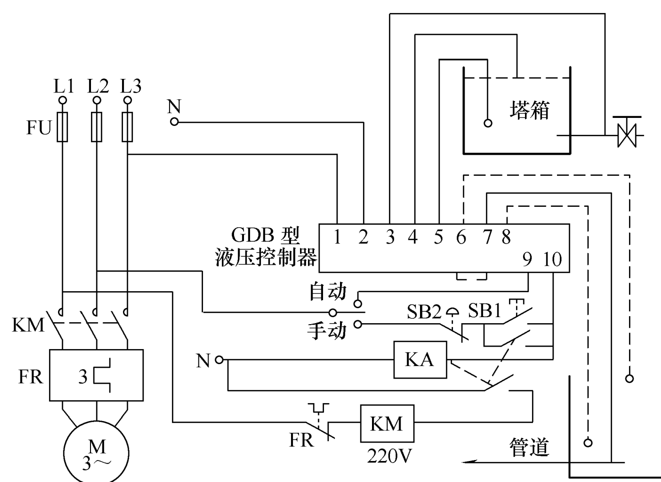
注意：GDB 型双池液位控制器的电源按图采用 L3 相，该控制器的限位电极应采用铁线制作，不得使用铝线。

12.12 简易水位自动控制电路

图 12-12 所示为一个简易的水位自动控制电路。当开关 S1 打在“自动”位置时，水泵电动机受继电器 KA 控制。合上开关 QF，水泵电动机起动运转，向水池中加水。当水位上升到高水位时，晶体管导通，继电器 KA 得电，其常闭触头切断接触器 KM 线圈通路，水泵电动机停转。当水位下降至中水位以上、高水位以下时，晶体管的基极通过 KM 常闭触头接地，晶体管继续导通，因此继电器 KA 继续吸合，水泵电动机不起动。当水位下降至中水位



a) KM 线圈为 380V 控制接线图



b) KM 线圈为 220V 控制接线图

图 12-11　GDB 型双池液位控制器电路

以下时，晶体管因基极开路而截止，继电器断电释放，水泵电动机又起动。将 S2 拨到“手动”位置时，可通过按钮 SB1、SB2 控制水泵电动机的起停。

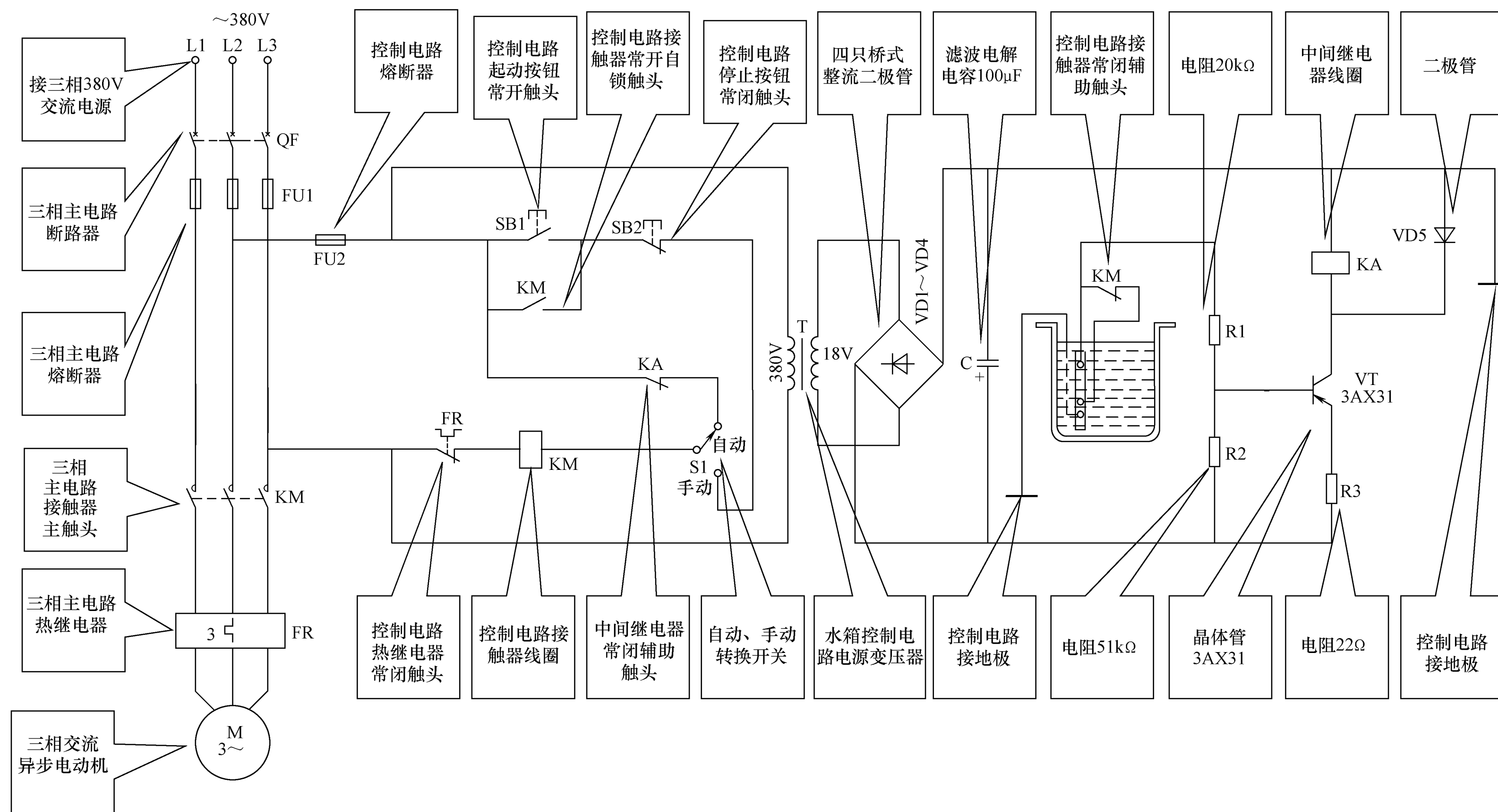


图 12-12　简易水位自动控制电路

12.13　全自动水位控制水箱放水电路

图 12-13 所示为一种晶体管全自动水位控制水箱放水电路。当水箱水位高于 c 点时，晶体管 VT2 基极接高电位，VT1、VT2 导通，继电器 KA1 得电动作，使继电器 KA2 也吸合，因此接触器 KM 吸合，电动机运行，带动水泵抽水。此时，水位虽下降至 c 点以下，但由于继电器 KA1 触头闭合，故仍能使 VT1、VT2 导通，水泵继续抽水。只有当水位下降到 b 点以下时，VT1、VT2 才截止，继电器 KA1 失电释放，致使水箱无水时停止向外抽水。当水箱水位上升到 c 点时，再重复上述过程。变压器选用 50V · A 行灯变压器，为保护继电器 KA1 触头不被烧坏，加了一个中间继电器。在使用中，如需维修自动水位控制电路时，可把开关拨到“手动”位置，这样可暂时用手动操作起停电动机。

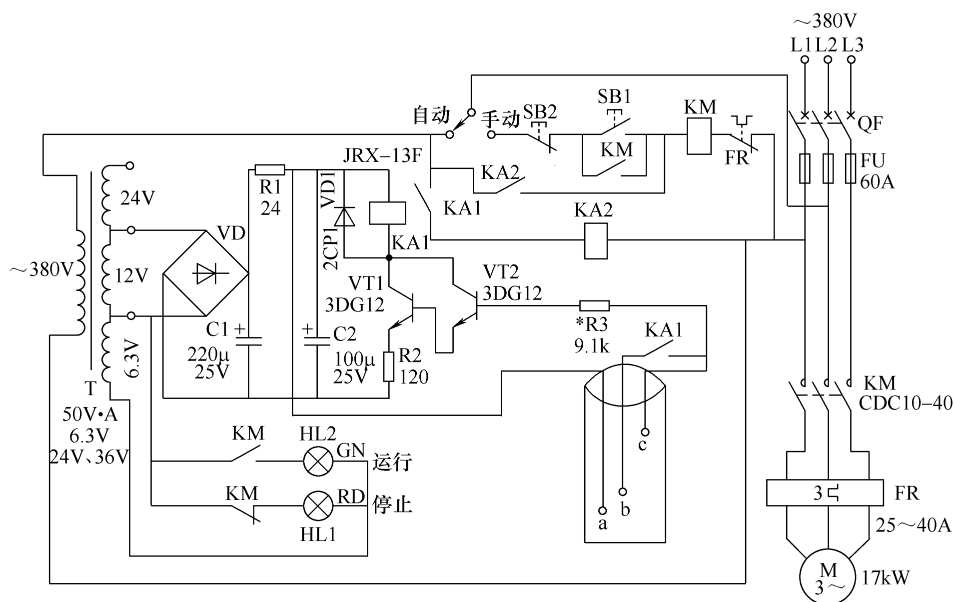


图 12-13　全自动水位控制水箱放水电路

12.14　改进的水位自动控制电路

图 12-14 所示为一改进的水位自动控制电路。在实际应用中，因水位自动控制时，水箱里的水面上下浮动，接触导电触头时通时断，造成接触器频繁吸合、释放，很容易烧坏接触器触头。在一般的晶体管水位控制电路中，加一只电容 C3，使晶体管的导通或截止时间延迟，不使接触器马上动作，即可保护接触器触头。

12.15　大型水塔自动控制供水电路

在自备大型水塔的单位，往往供水抽水泵电动机功率较大，一般为 40 ~ 75kW。因此一

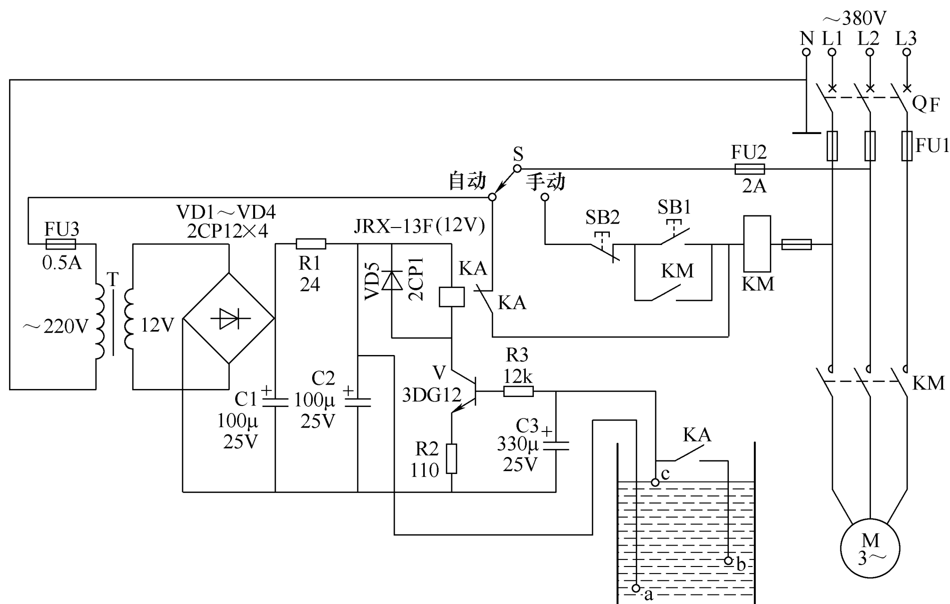


图 12-14　改进的水位自动控制电路

般都采用人工看守水塔，并且应用配电减压起动柜来起动电动机。现市场上虽有晶体管自动水位控制器出售，但对于大型水塔供水在实现自动控制方面还有很多连接上的问题难以解决。

这里介绍一种能使大型水塔实现自动供水的控制电路，如图 12-15 所示。工作原理是：当 SS 拨到“手动”位置时，电动机用配电减压起动柜进行正常的起动，待减压起动完毕后，自动投入运行。当开关 SS 拨到“自动”位置时，水位自动控制器得电工作，此时如水塔水箱水位下降到最低水位时，VT2 截止，VT1 导通，这样使得继电器 KA1 吸合，中间继电器 KA2 也得电吸合，KA2 的常闭触头断开，而 KA2 的常开触头闭合，接通配电减压起动柜控制线圈回路，使 KM2 吸合，电动机进行减压起动。减压起动完毕后，KT 动作，接通 KA3，其常闭触头断开，KM2 失电，并使运行接触器 KM1 得电吸合，电动机正常运行。待水箱里面的水满时，VT2 导通，VT1 截止，使 KA1 释放，断开电动机配电减压起动柜控制电源回路，从而使电动机停止运行。

12.16　给排水手动/定时控制电路

电工在接触水位控制中，一般都有手动控制和自动控制两种方式供混合操作，这样大大方便了工作中的操作要求，下面介绍一种给排水手动/定时控制电路，它能满足每天可分多时段通断（一般可分 10 个通断，有的也可分 16 个通断要求），通断时间可任意设定。

在手动操作过程中，首先把手动、自动转换开关拨到手动位置使 1、3 接通，按下起动按钮 SB2，交流接触器 KM 线圈得电吸合，水泵电动机得电工作运转，如需手动停止电动机运行，按下 SB1 即可。

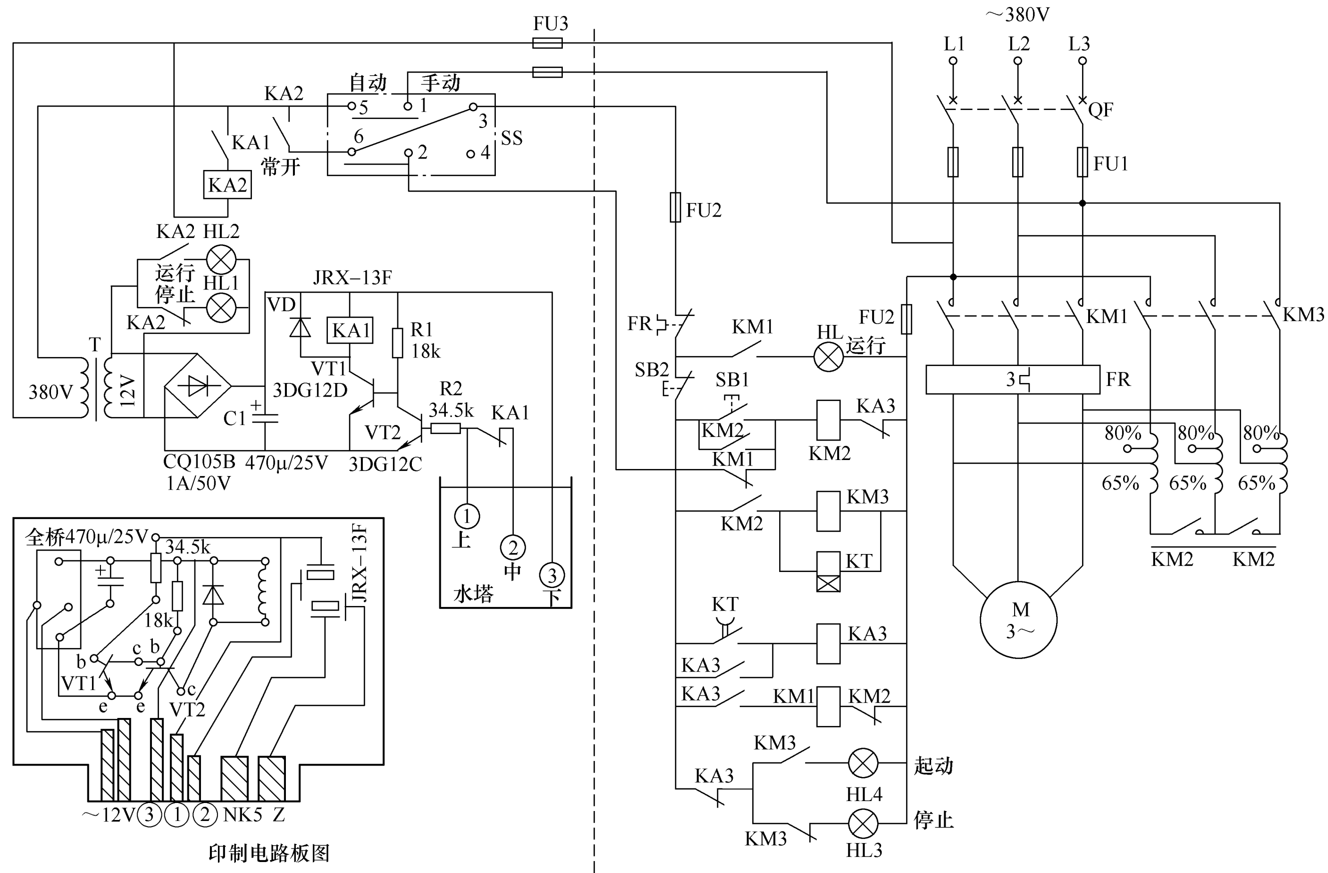


图 12-15　大型水塔自动控制供水电路

在自动操作过程中，首先把手动、自动转换开关拨到自动位置使 1、9 接通，并将 KG316T 定时器按要求设置好，（可参照 KG316T 定时器说明设置）接通电源后，一旦到设定好的定时开机时间时，KG316T 内部继电器线圈吸合，通过内部常开触头闭合，从而接通交流接触器 KM 线圈电源，达到自动开机的目的，如果到了设定的定时关机时间，KG316T 内部继电器线圈断电释放，其触头断开，从而使交流接触器线圈断电，交流接触器便立即断开电动机电源，电动机停止工作，以此往返重复，一天之内就能达到定时开、停电动机数次的目的。给排水手动/定时控制电路如图 12-16 所示。

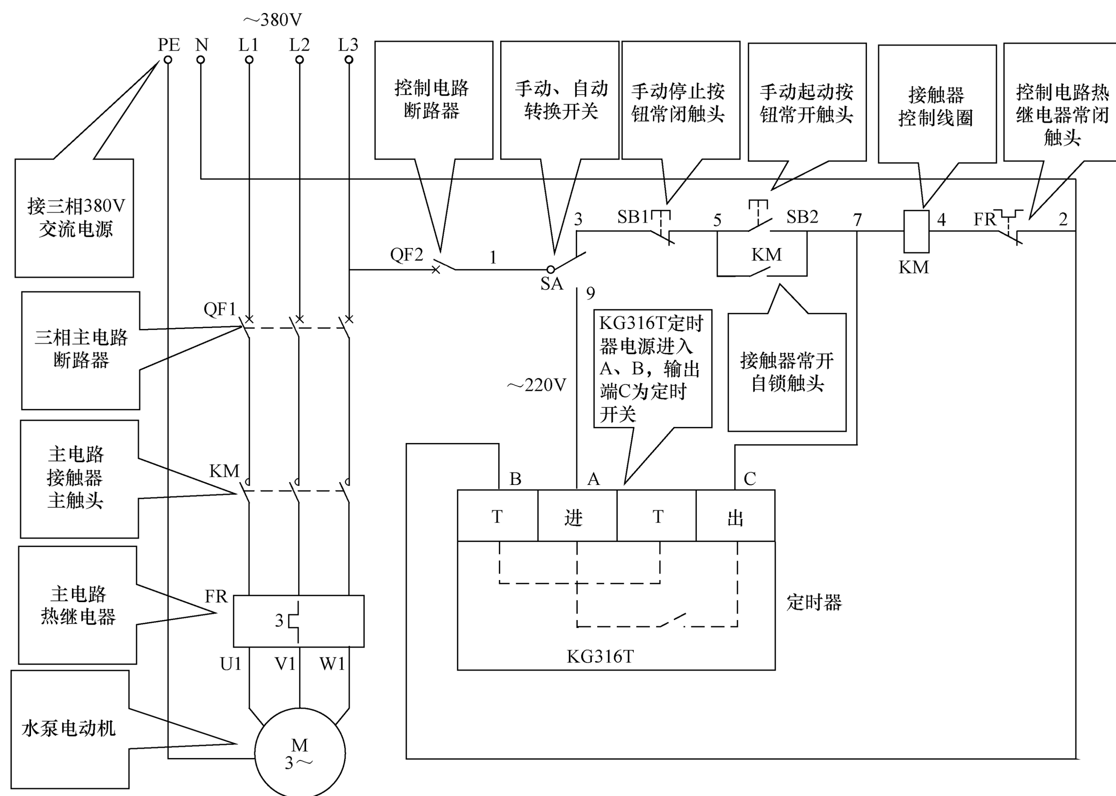


图 12-16　给排水手动/定时控制电路

12.17　具有手动操作定时、自动控制功能的供水控制电路

目前，水位控制电路多种多样，下面介绍一种具有手动操作定时、自动控制功能的供水控制电路，它采用了 JYB714 型液位继电器完成液位控制，有手动定时停止功能，电路如图 12-17 所示。

在手动起动、停止及定时控制操作过程中，首先先把手动、自动转换开关 SA 拨到手动位置使 1、5 接通，按下起动按钮 SB2，得电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合且 KT 开始延时，而 KT 瞬动常开触头（11－13）闭合，交流接触器 KM 线圈得电吸合，电动机水泵得电工作运转。

在 KT 延时时间内，如需要手动停止电动机运行，按下停止按钮 SB1 即可。

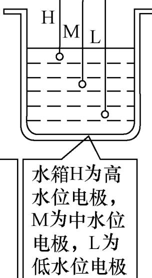


图 12-17　具有手动操作定时、自动控制功能的供水控制电路



另外，电动机手动起动运转后，可按照预先设定的时间进行自动定时控制，经 KT 延时后，KT 得电延时断开的常闭触头（9－11）断开，切断交流接触器 KM、得电延时时间继电器 KT 线圈电源。KM、KT 线圈断电释放，电动机停止运转。

在液位自动控制中，将手动/自动转换开关 SA 拨至自动位置使 1、3 闭合，当蓄水池水位处于低水位时，液位继电器内部继电器动作，其 2、3 脚内部常开触头闭合，交流接触器 KM 线圈得电吸合，电动机得电运行，当水位升到高水位后，液位继电器内部继电器动作，其 2、3 脚断开，交流接触器 KM 线圈断电释放，电动机停止工作，水泵便停止供水。

第13章 新颖电子电路

13.1　小型塑料封口机电路

该电路构思独特，设计简洁，使用它能够对不同厚度的塑料材料实施定时加热封口。

电路如图13-1所示，VD1、C1构成整流滤波电路，得到300V的直流电压，R1、R2降压得到24V的直流电压，供定时控制电路使用。SB闭合，继电器KA得电，KA闭合，经变压器T降压，电加热丝得电，开始升温加热。与此同时，C2由R3、RP开始充电，随着C2两端电压的上升，VT开始导通，电压上升到一定程度，稳压管导通，晶闸管VTH导通。由于VTH的导通，使继电器线圈短路失电，KA断开，电热丝失电而停止加热，完成一次定时加热过程，调整RP可改变定时加热的时间，以适应不同厚度的材料。

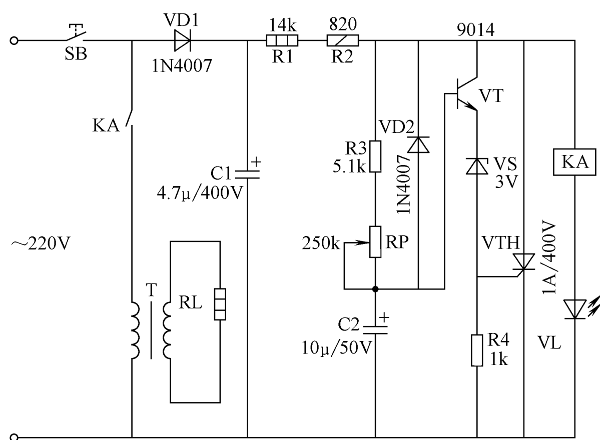


图13-1　小型塑料封口机电路

VL直接串在继电器绕组回路中，用于工作状态指示，加热时亮，不加热时熄灭。

制作时，双向晶闸管选用1A/400V，稳压管VS用2~3V管，晶体管VT用9014。其他元器件如图中所示，必要时根据需要作适当调整。

13.2　多媒体电脑有源音箱功放电路

如今，多媒体电脑日益普及，许多人都希望组装一台电脑，既节约了开支，又学了本领。组装兼容机时，有源音箱完全可以自制。这里给出的电路，简单易做，成本低，性能

好，同时，它的输出功率也较大，电源电压为6V时，最大输出功率为4W，外接电源为12V时最大输出功率可达10W以上。

电路如图13-2所示，两片KD28功放集成电路组成BTL放大器，同样电压下此OTL电路有更大的输出功率，为节省成本，免去了音量控制电位器，音量用电脑软件控制。电源用4节1号电池，也可用6V稳压电源代替。

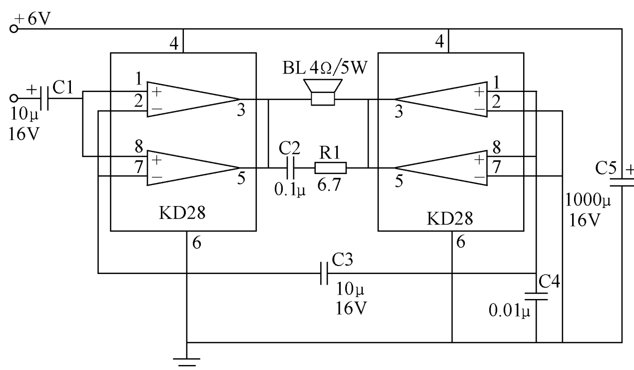


图13-2　多媒体电脑有源音箱功放电路

13.3　单片三端稳压器输出电流的扩展

单片78系列稳压器最大输出电流为1.5A，在要求更大电流的场合，可用大功率晶体管扩展其输出电流，最大输出电流可达$1.5\times(\beta+1)$A，β为晶体管的电流放大倍数，实际应用中要考虑晶体管的最大允许输出电流，要给晶体管加上合适的散热片。

使用NPN型大功率晶体管扩展电流的电路如图13-3a所示，二极管的作用是补偿晶体管发射结的电压，以保持稳压器原来的输出电压。

使用PNP型大功率管扩流的电路如图13-3b所示，R的数值由晶体管的U_{be}值和稳压器的输出电流来决定，U_{be}对硅管取0.7V，对锗管取0.3V。如稳压器的电流取为1A，则使用硅管时，R为0.7Ω，使用锗管时，R为0.3Ω。

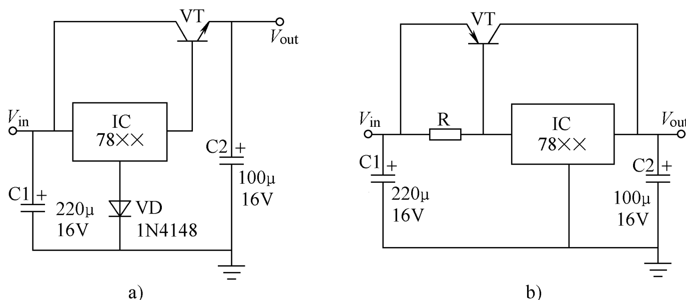


图13-3　单片三端稳压器输出电流的扩展

13.4　蓄电池恒流充电装置

在蓄电池充电电路中，目前广泛采用自耦变压器和变阻器来调节充电电流，它的缺点是必须不断地监视和调节电流。图13-4所示是一种能自动保持充电电流在给定值上的电路。它采用在变压器一次绕组中串联电容的办法，使充电过程中，电容和绕组之间的电压不断重新分配，因而使充电电流保持给定值。

为使充电电流保持在5.5A，变压器应选用功率大于170W，二次侧每半个绕组空载电压约为27V为宜。开关S1选择电容容量，从而控制充电电流，闭合时，充电电流约为5.5A；打开时，充电电流减少一半。

二极管VD1、VD2最大平均整流电流选10A，反向耐压选100V。

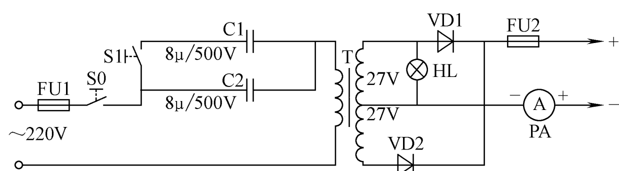


图13-4　蓄电池恒流充电装置

13.5　给纽扣电池充电

图13-5所示是一种最简单的纽扣电池充电方法，将两节1号电池串联，再串联一只数千欧的电位器和一只万用表，量程拨到电流挡50mA。充电开始时，调电位器，将充电电流调到25mA。当充电电流降至几毫安时，证明充电完毕。电池需放置一天后，观察电池不漏液不变形，即可继续使用。

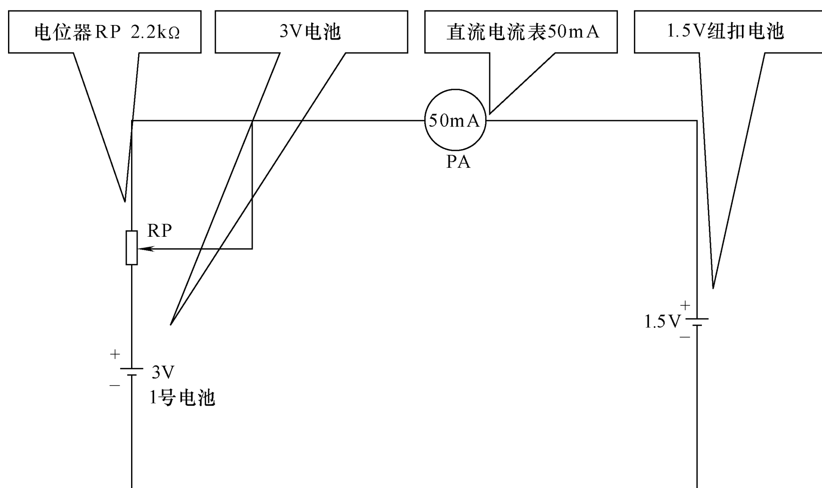


图13-5　给纽扣电池充电



13.6 学校铃声定时电路

一般学校上课都由人来控制拉铃，但铃声时间长短不一，难以掌握。装一个定时器控制响铃时间，便可解决这一问题。工作原理如图 13-6 所示。拉铃时按下按钮 SB，此时时间继电器 KT 得电吸合，电铃也同时得电发出铃声，松开按钮 SB，由于 KT 吸合，KT 常开触头自锁，直到时间继电器经过调定的时间后（调时间继电器可调到 1min 或根据需要选择调整），其延时断开常闭触头动作断开，使时间继电器失电释放，KT 常开触头断开，铃声停止。

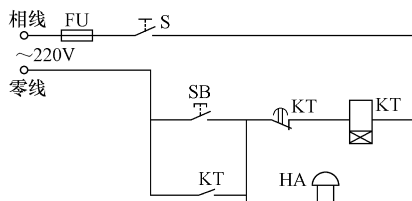


图 13-6　学校铃声定时电路

13.7 扬声器与简单高低音分频器连接

扬声器与简单高低音分频器的接线方法如图 13-7 所示。电感线圈与低音扬声器串联。电容与高音扬声器串联。电容可用两只小容量的电解电容串成无极性电容用，电感线圈也可自制。如是 10in 纸盆扬声器，功率在 5～10W 之间，那么电感线圈可选用 0.85mH 的电感线圈。可选择直径为 3cm 的空芯骨架，用直径为 0.8～1.0mm 的漆包线绕 300 圈制成。

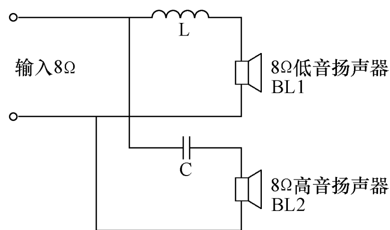


图 13-7　扬声器与简单高低音分频器连接

13.8 1.5V 干电池代替 9V 叠层电池

一些仪表，比如数字万用表，多采用 9V 叠层电池供电。相对来说 9V 电池价格高，不易购到，给使用带来不便。这里给出的电路用一节 1.5V 干电池或一节 1.2V、500mA 镍镉电池供电，用它完全可以取代 9V 叠层电池。

电路如图 13-8 所示，晶体管 VT1 与变压器相应绕组组成电感三点式振荡器，将干电池

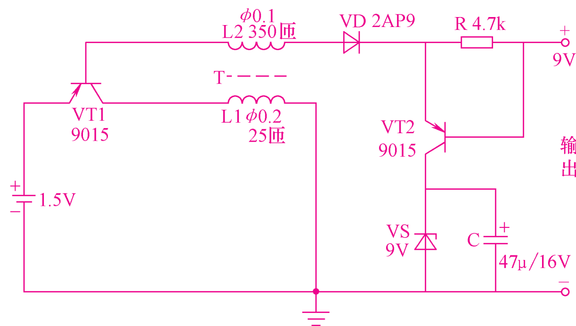


图 13-8　用干电池代替 9V 叠层电池

的直流电转换为交流电，经升压整流产生直流9V电压，供仪器仪表使用。电路中VT2为自控管，当仪表的电源开关没有打开时，电路不工作。开关打开时，仪表内部的电路给VT2提供了偏置通路，VT2饱和导通，VT1得到偏置电流，电路起振，L2两端得到一定幅度的交流电压，经VD及VT2发射结的整流，仪表内电路的滤波，得到9V直流电压，供给仪表电路。

制作时，VT1、VT2用9015晶体管，VD用2AP9二极管，VS用9V稳压管。变压器T用口字形磁管（E3型铁氧体磁心改制），L1用ϕ0.2mm漆包线绕25匝，L2用ϕ0.1mm漆包线绕350匝。其他元器件如图所示。

13.9 双密码电锁

图13-9所示是一种双密码电锁电路。电路中YA为操纵锁门或门闩的电磁铁。按钮SB1～SB10装在门外。K1、K2为中间继电器，继电器K1、K2可选用交流220V中间继电器。

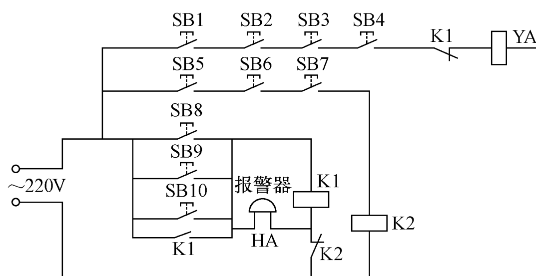


图13-9 双密码电锁

当开门时，按下按钮SB1、SB2、SB3、SB4，电磁铁通电，门才可打开。如果有人不知道密码而在尝试开锁过程中，误按按钮SB8～SB10中的任何一个，则继电器K1动作，K1的常闭触头断开，切断电磁铁线圈电路，同时电铃发出报警。在这种情况下，即使再按照密码要求按下按钮SB1、SB2、SB3、SB4，电磁铁也不会动作。那么要想再开锁，就必须使K1线圈断电，即同时按下按钮SB5、SB6、SB7使继电器复位，K1的常闭触头闭合，然后才能用密码开锁。改变按钮SB1～SB10的接线位置，便可改变密码的组合。

13.10 简单的密码电锁

图13-10所示是一种简单的密码电锁电路。电路中YA为电磁铁，是锁的执行机构。电磁铁在得电后，衔铁动作，将锁闩拉出，门才能打开。电路中SB1～SB5为装在门外的按

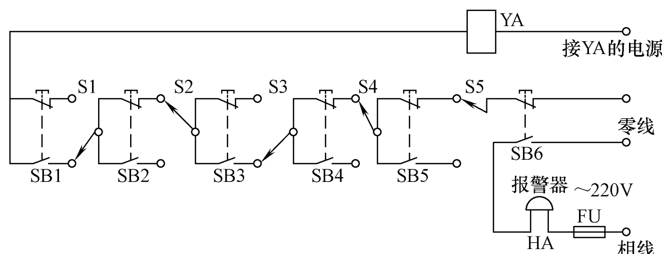


图13-10 简单的密码电锁

钮，要想打开门，就必须知道密码，按顺序按下其中两个按钮，如图中情况是：按下 SB1、SB3，才能打开门。如按下按钮 SB6 还会报警。改变电路中的 S1 ~ S5 的通断位置，将会改变密码锁的密码。

13.11 简易电子锁

图 13-11 所示是一种最简单的电子锁电路，它必须用特制的电子钥匙开。当电子钥匙插入插座内，6.3V 交流电经 VD 整流，供直流继电器 K 吸合，使电子锁接通电磁铁电源打开。电容 C1、C2 必须对接，这样如有人企图将金属棒插进插座中，由于通入到继电器上的电压为交流，故继电器不吸合。

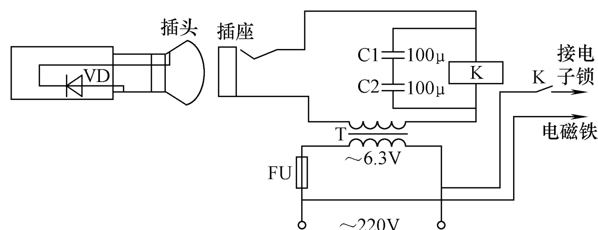


图 13-11 简易电子锁

13.12 煤气电子点火器电路

该电路采用晶体管和变压器组成振荡电路，将干电池的直流电变成交流电，由 T1 升压，VD 整流，对 C 充电。当 S 与触头 2 接触时，C 向点火线圈一次侧放电，二次侧感应出高压脉冲由电极 A、B 放电。

电路如图 13-12 所示，当 S 接于触头 1 时，电路振荡，C 充电。当 S 接于触头 2 时，C 放电，A、B 产生火花。一节 5 号电池可使用一年以上，总点火次数大于 5000 次。变压器中的铁

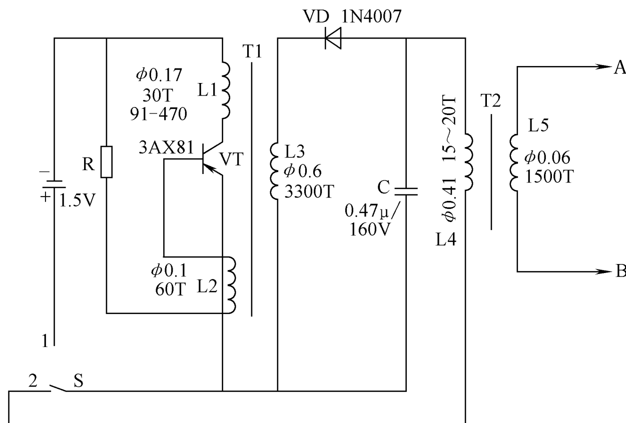


图 13-12 煤气电子点火器电路

心可用收音机音频变压器的 E 型 5mm×7mm 铁心代替。T2 采用 4mm×10mm 长磁棒做铁心，L4 直接绕在上面，L5 绕在塑料有槽骨架上，然后套在磁棒上，共 10 槽，每槽 150 圈。

13.13　用照明电路传递报警信号

许多场合要安装报警系统，需要专设电路，给安装带来不便，因而限制了报警系统的推广与使用。如能采用现成的照明电路来传递报警信号，则不失为一种可行的办法，下面的电路能给您提供帮助。

发射电路如图 13-13a 所示，S 为短路式报警探头，IC1 产生低频振荡信号，其输出去调制 IC2 产生的高频振荡信号，高频调幅脉冲经 VT1 功率放大，变压器升压，最后由电容耦合至照明电路。

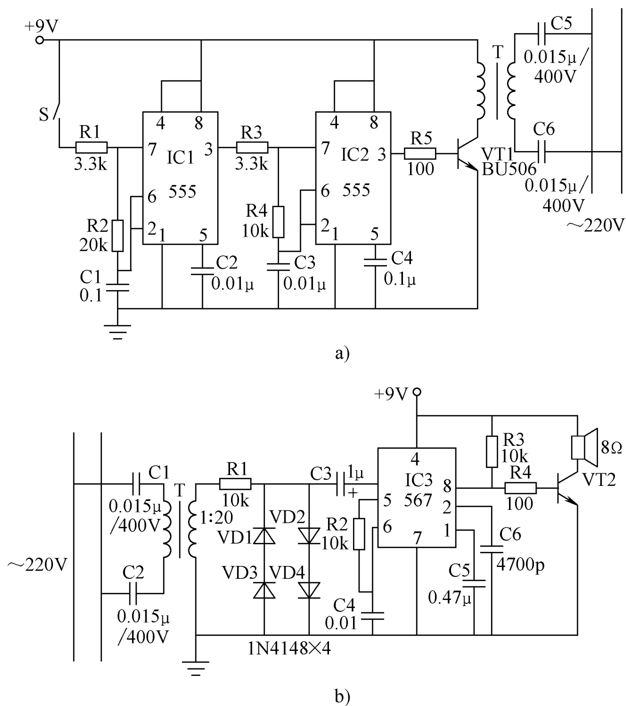


图 13-13　用照明电路传递报警信号

接收指示电路如图 13-13b 所示，照明电路传来的警示信号，经 C1、C2、降压变压器 T（1∶20）、限流电阻 R1、限幅二极管 VD1、VD2、VD3、VD4、C3 耦合至 IC3 构成的锁相环识别电路，集成电路 567 的 8 脚输出调制的低频信号，经 VT2 进一步放大，推动扬声器发声，实现报警。

13.14　振动传感控制电路

此种电路以振动传感器为核心，配接报警、指示、控制电路，可检测物体极其微弱的振动波，适合工业自动化控制及移位振动报警器。

传感器是一个功能块，内部由信号检测、放大整形、积分延时、电平转换等电路组成。传感器与被监视物体固定在一起，当物体被撞砸、牵动、吊起、翻倒时，传感器检测到这种变化，经内部处理，输出控制信号，以驱动后续的报警指示或其他控制电路。

IV380 是一种振动传感器模块，它的工作电压为2.5～6V，静态电流≤50μA，输出方式为高电平，适宜环境温度为+30～+70℃，其内部框图及简单应用电路如图 13-14所示。

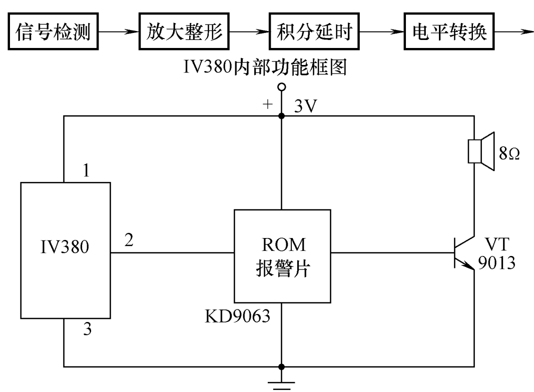


图 13-14 振动传感控制电路

13.15 舞厅频闪灯电路

如图 13-15 所示，VD2、VD4、C5、C6、C7、C8 构成倍压整流电路，将市电交流 220V 升为 630V 左右的直流电压，作为点燃闪光灯的高压电源。双向触发二极管 VD3 以及晶闸管 VTH、变压器 T 等，构成闪光管触发控制电路，调节可变电阻 RP 的阻值，C2 的充电时间发生变化，双向触发二极管的导通间隔跟着变化，经晶闸管 VTH、变压器 T，闪光灯的激励时间发生变化，进而达到控制频闪灯闪光频率的目的。

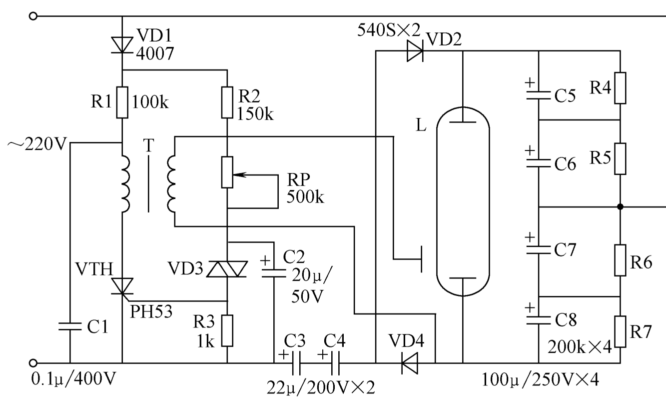


图 13-15 舞厅频闪灯电路

13.16 Y982 电加热器温控专用集成电路

Y982 是一种 CMOS 型专用控制集成电路，它具有四挡温度设定，四挡定时时间的开和四挡定时时间的关，特别适用于电加热器的温度调节。

图 13-16 所示是 Y982 集成电路在电热毯中的应用。VD、VS、C1、C2 等元器件构成6.2V 直流稳压电源，为 Y982 供电。R3、R4 和晶体管 VT 将 50Hz 正弦波整形成方波，作为 Y982 的

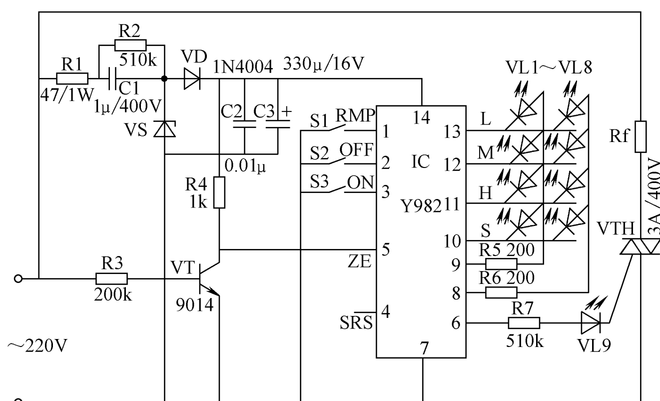


图 13-16　Y982 电加热器温控专用集成电路

时基频率输入。S1 为温度级别设定，每按一次 S1，电路按高温（H）、中温（M）、低温（L）、微温（S）、高温（H）……的规律变化，4 个发光二极管（LED）分别显示相应的温度级别。S2 为定时关 OFF 设定，每按一次 S2，定时时间按 1h、2h、4h、8h、关、1h……的规律变化。4 个 LED 分别显示各自的定时时间。设定的定时时间一到，LED 熄灭，负载关断。

S3 为定时开 ON 设定输入开关，每按一次 S3，电路按 1h、2h、4h、8h、关、1h……的规律变化。定时挡的 4 个 LED 分别以 1s 周期闪烁显示各自的定时时间。当达到所设定的定时时间时，输出端 6 脚输出高电平，VTH 导通，负载得电工作。

VL9 显示电热毯加热时的状态，负载得电时 VL9 点亮，负载不得电时，VL9 熄灭。

13.17　晶闸管三相交流开关

图 13-17 所示是晶闸管三相交流无触头开关电路，它可避免交流接触器作交流开关噪声大、耗电多的缺点。

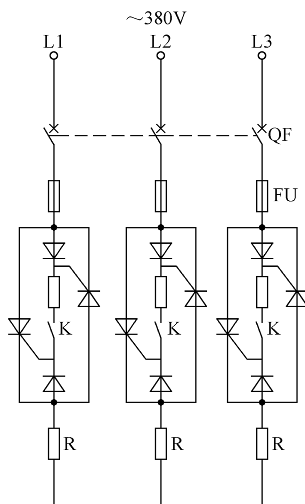


图 13-17　晶闸管三相交流开关

K 为继电器触头。当继电器触头 K 闭合时，三相电路接通；K 断开时，三相电路被切断。这种三相交流开关可用来控制三相异步电动机、三相电炉等。

13.18 一种晶闸管交流开关

晶闸管做电气设备的开关，用它的导通与截止来代替电气开关的闭合与断开操作，具有无触头跳动、机械噪声小、射频干扰小、不产生电弧、开关速度高和体积小等优点，特别适用于有易燃气体、易引起爆炸的危险场所。

图 13-18 所示是一种简单的晶闸管交流开关电路。当开关 S2 闭合，晶闸管导通；当开关 S2 打开时，晶闸管截止。电路中 R 一般选用数千欧。

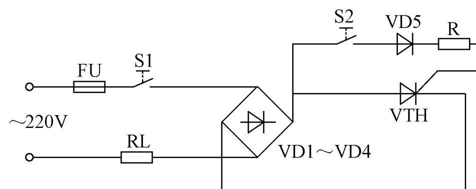


图 13-18　一种晶闸管交流开关

13.19 简单晶闸管交流调压器

在很多使用交流电源的负载中，需要完成调光、调温等功能，要求交流电源能平稳地调节电压。图 13-19 所示是一种简单交流调压器，可代替普通交流调压器，体积小、质量轻、控制方便。

电源经电阻 R 和电位器 RP 向电容 C 充电，当电容上的电压达到一定值时，通过二极管 VD 和晶闸管门极，使晶闸管触发导通，电流流经负载。晶闸管导通后，触发电路被短接，在交流电压为零时，晶闸管又自动断开，而后触发电路中电容 C 再次充电，使晶闸管再次导通。改变电容的容量和 RP 阻值，可增大或减小导通角，使输出电压升高和降低，从而起到调压的目的。

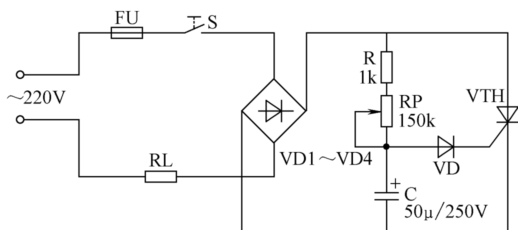


图 13-19　简单晶闸管交流调压器

晶闸管的反向电压由电源电压来定；电流参数由负载 RL 要求来定。

13.20 简易电子调压器（一）

此调压器适用于调压范围不大而又对输出波形要求不高的场合，如图 13-20 所示。

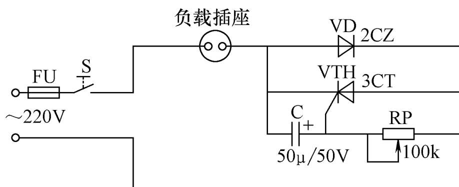


图 13-20　简易电子调压器（一）

13.21 简易电子调压器（二）

简易电子调压器不但能对家用电器的使用电压进行调整，并因此还可以取得一定的节电效果。例如，它可以调节台灯、地灯的亮度；控制电风扇、小鼓风机、手电钻的转速，并实现无级变速；还可调节电烙铁、电熨斗的温度。如图13-21所示，它由整流二极管、晶闸管、电位器和电容组成。整个电路应与外部完全绝缘。

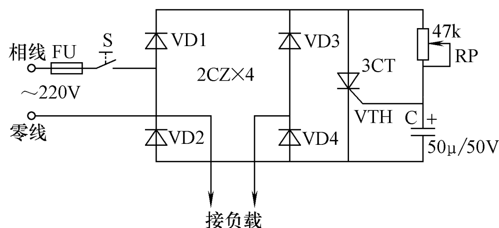


图13-21　简易电子调压器（二）

13.22 两用直流电源

图13-22所示是一种可输出两种电压的直流电源，当开关拨到高压位置时，电路为倍压整流电路，电压相对提高一倍；当开关拨到低压位置时，为桥式整流电流，其输出的电压与变压器二次侧的交流电压基本一致。

在使用中，要根据负载的实际功率及电压要求来选用变压器和电容。

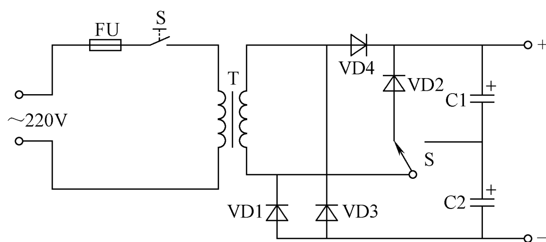


图13-22　两用直流电源

13.23 输出为2A的直流稳压电源

图13-23所示是一种输出平稳的2A直流稳压电源，应用于电视机中或其他电源电压为12V、电流为2A的用电器上。电路中RP可调整输出电压。

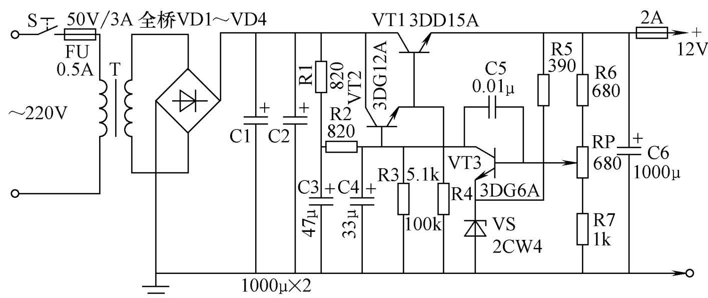


图13-23　输出为2A的直流稳压电源

13.24 输出电压可调的稳压电源

图 13-24 所示是一种输出电压可调的稳压电源。它的制作、调试都很简单。该稳压电路输出电压在 9～18V 连续可调，其最大输出电流为 150mA。

图 13-24 输出电压可调的稳压电源

13.25 电子验电器

图 13-25 所示是一种电子验电器电路，它无须直接接触带电导体就可检测有无电压存在，亦可代替高压验电笔，并且还可检测电缆电线断线故障。

图 13-25 电子验电器

当验电器距离低压 220～380V 带电体 3cm，高压 10kV 带电体 0.7m 以内时，便会发出报警音响，并发光指示该物体带有电压。

当验电器接近带电体时，验电器的金属板 P 和机壳构成电容，受交流电产生的电磁场感应产生一交流电压。输入的交流电压先经过 VT1～VT3 三级直流放大后，从 VT3 发射极输出到 VT4 进行交流放大，然后经 VD1、VD2 倍压检波，送入 VT5 作直流放大。VT5 在无输入信号时处于截止状态，当输入电压达到 1.3V 以上时才导通。VT6、VT7 组成互补压控振荡器，受 VT5 触发工作，扬声器发出报警音响，发光二极管 VL 同时发光。

电路中 S1 为电源开关。S2A 为灵敏调节开关，当被合上后，线圈 L 被短路，使验电器处于低灵敏度状态，以减少其他电源的干扰，S2B 为 S2A 的联动开关，当 S2A 闭合后，S2B

也同时闭合，可增强负反馈，降低灵敏度。

此验电器适用于交流电网中，并要求在电力设备不太拥挤的情况下进行测验，以防邻近带电体的干扰。

13.26 熔断器断路监视器

图 13-26 所示是一种简易的熔断器断路监视器。当家用电器熔断器熔断后，发光二极管发亮，指示熔丝已断。电路中二极管 2CP11 为保护发光二极管所加。

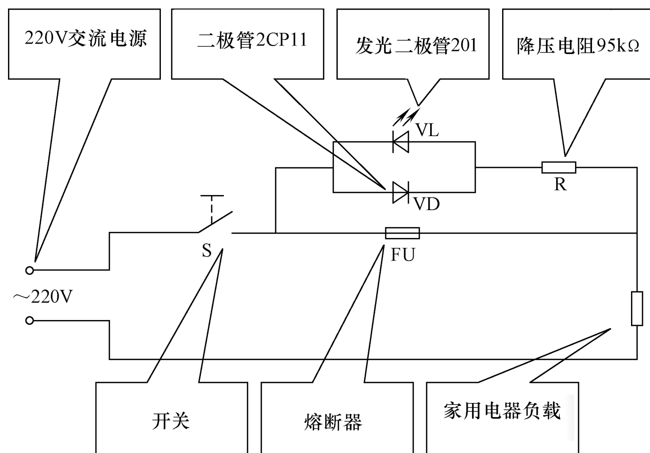


图 13-26　熔断器断路监视器

13.27 CATV 分支器电路

分支器是 CATV（有线电视）系统末端的一个部件，家用电视机通过它与 CATV（有线电视）系统连在一起，它的作用是把高频电视信号能量分出一部分给用户电视机，分支器又称定向耦合器。

分支器又分成一分支器、二分支器、三分支器、四分支器，其中一分支器又称串接器。简单来说，一分支器可以直接连接一台电视机，二分支器可以连接两台电视机，依次类推，三、四分支器同理。

有的用户本来有一个电视插座，想加一个二分支器接两台电视机，于是就买来一个二分支器接在原插座上，输出接两台电视机。这样连接效果往往不太好，这是因为原插座与 CATV 系统末端分支器直接相接，该分支器提供的信号能量恰好供一台电视机使用。我们又加一个分支器，而分支器的加入是有插入损耗的，同时原来供一台电视机使用的信号能量，现在分成了两部分，必然影响接收效果。解决的办法一是请 CATV 系统工作人员增加住户端口。二是利用原单一插座，增加一个简单的线放器和二分支器。

分支器电路简单，完全可以自制，这里给出一、二分支器的电路，供维修和制作时参考。图 13-27a 所示为一分支器电路及元器件参数，磁心用 NXO-100 单孔磁环。图 13-27b所

示为二分支器电路及元器件参数，磁心用 NXO-100 单孔磁环。

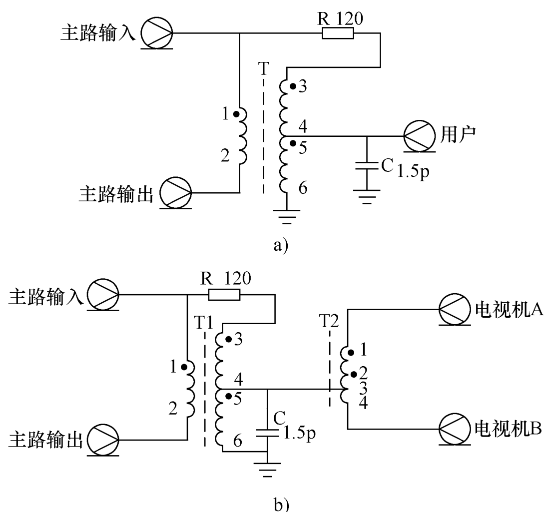


图 13-27 CATV 分支器电路

13.28 闪烁警示灯电路

该电路可使 220V、60W 的照明灯泡闪烁工作，可应用于施工场所的夜间闪光警示。

电路如图 13-28 所示。桥式整流电路将交流电转变为脉动直流电，经 R1 对 C2 直接充电，经 RP 对 C1 缓慢充电，当 C1 的电压上升到一定程度时，晶闸管 VTH 导通，灯泡 HL 亮，同时 C1 经 R1 向 VTH 放电，C1 由 R2 向 VTH 的门极放电，放电到一定程度，晶闸管在脉动直流电过零时自动关断，灯泡熄灭。晶闸管关断后其端电压上升，C2、C1 重新充电，VTH 再次导通，重复上述过程，灯泡工作在一明一亮的闪烁状态。调整 RP 可改变灯泡的亮度。

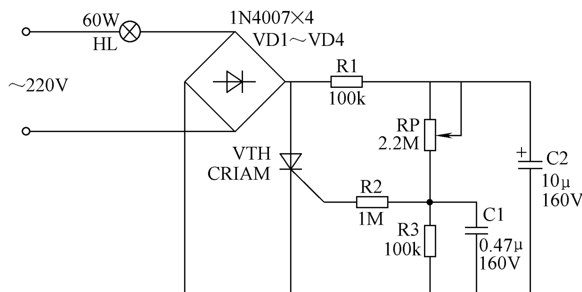


图 13-28 闪烁警示灯电路

桥式整流用 1N4007 型二极管，晶闸管用 1A/400V，RP 用 2.2MΩ 电位器，其他元器件如图中所示。

13.29 LM386功放电路

LM386是一种流行的小功率音频放大器集成电路，它的突出优点是频响宽，功耗低，电源电压适应范围宽（4～16V），外接元器件很少。下面的电路是它的简单应用，制作时甚至不用电路板，在引脚上直接焊上连接线即可。

OTL电路如图13-29a所示，BTL电路如图13-29b所示，它连一只电容也不要，最大输出功率达3W以上。

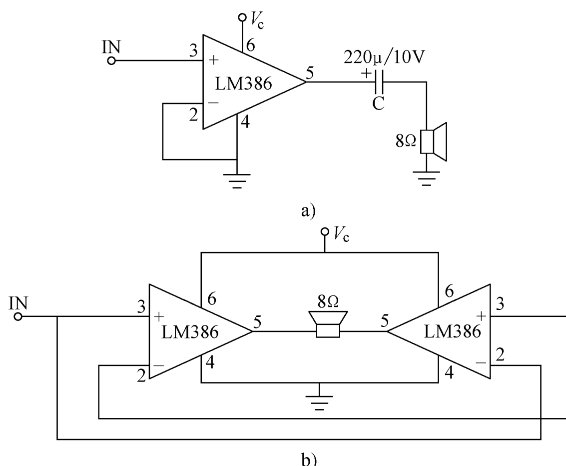


图13-29　LM386功放电路

13.30 汉语语言报时电路

如图13-30所示，该报时器采用M208语言报时集成电路。将它应用于座钟、闹钟、电子钟等可进行汉语语言报时，每小时报一次，深夜不报。电路简单有趣，有一定的实用价值。

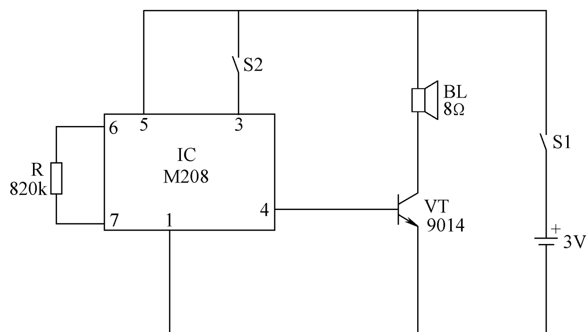


图13-30　汉语语言报时电路

M208为ROM型语言电路，其内部结构、工作原理类似于常见的ROM型音乐片电路，每触发一次，输出一句汉语语音。S2接于钟表的报时触头两端，利用钟表，每小时一次自动触发语音电路工作。该电路从早晨6点开始第一次用汉语报时“叮咚，现在时间6点整”，以后每小时1次，直到晚上10点，10点以后停止报时，到第二天早晨6点又恢复汉语报时。电阻R为振荡电阻，调整它，可改变语音速度，阻值可在1～1.2MΩ之间变化。

13.31　多芯电缆断线点检测仪

多芯电缆断线点检测仪可对多芯电线、橡皮线等在不破坏内部结构的情况下，测出断线故障点。其工作原理如图13-31所示。点画线内为接收部分，后一部分为扩音放大部分。检测电线故障点时，把认为断线的那根电线接入220V的相线上。使探头（用铁皮剪成的圆圈制成）靠近被测线线皮上慢慢移动，这时扬声器里会有交流声。待移动到交流声中断时，则是电线的断点位置。

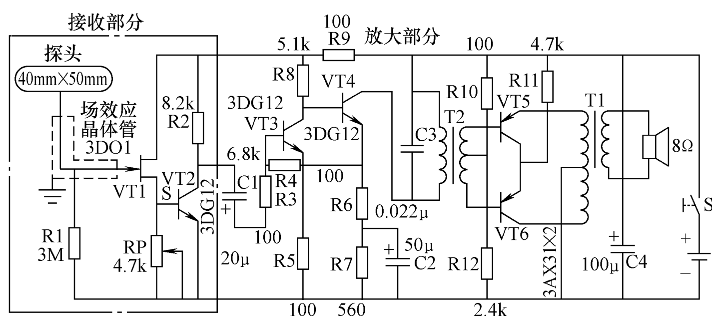


图13-31　多芯电缆断线点检测仪

13.32　导线测断仪

导线测断仪分发射和接收两部分，如图13-32所示。左侧为发射部分，它采用无稳态开关电路，其振荡频率为109kHz。右侧为接收部分，采用三级阻容耦合放大电路，然后采用两个二极管作倍压检波，并由毫安表指示。

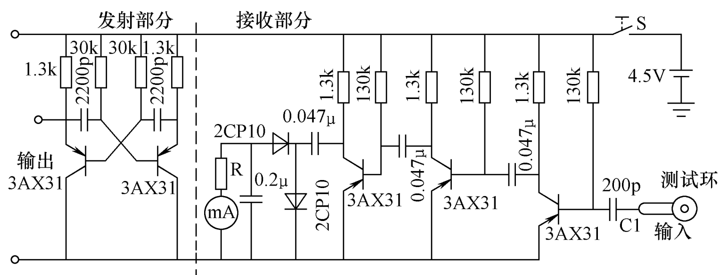


图13-32　导线测断仪

当测试绝缘导线线芯断点时，先将绝缘导线一端的线芯接在发射部分的输出端上，再将电线穿过测试环，并拉动电线，线芯中的信号通过电容耦合到测试环，经放大、整流，使毫安表动作。遇到断点时毫安表读数明显减小，即可找到断线点。

13.33　简易声光显示报警器

图 13-33 所示是一个简易声光显示报警电路。可做门铃、水位报警、婴儿尿湿布报警以及温度报警和防盗报警等。

当工作时，把开关 S 闭合上，两触头探头接触水面即可报警。若在门和窗的里面靠合页处安装一个探头，在不活动的门或窗框上安装另一个探头，使开门或开窗时探头触头接通，这样就可做防盗报警。

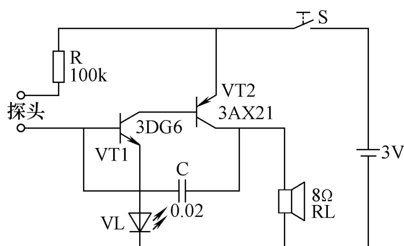


图 13-33　简易声光显示报警器

13.34　两参数输入有触头信号报警器

这里介绍一种生产上常用的两参数可同时输入的有触头报警器。

电路如图 13-34 所示，X1 在测试信号点正常时触头常开，X2 在测试另一信号点正常时触头常闭。

当 X1 所监测的参数越限时，X1 常开触头闭合，KA1 便动作，KA1-1 接通信号报警灯 HL1 电源，信号灯 HL1 亮。同时使 KA1-2 闭合，接通电铃电源，电铃发出报警信号。如果要解除报警信号，可按下按钮 SB1，KA101 便动作吸合，KA101-1 自锁，KA101-2 断开电铃电源回路，报警信号解除。当故障排除后，参数恢复正常，X1 触头断开，电路恢复到初始状态。X2 与 X1 工作原理基本相同，不同之处是：因 X2 在正常情况下为常闭触头，故 KA2 在正常情况下是吸合的，只是当故障发生时才释放。

电路中 SB2 为信号灯测试开关。当按下 SB2 时，各信号灯均应明亮。电路中所采用的继电器或接触器的容量应根据具体工作要求来定；其线圈电压以及电铃线圈电压，都应与指示灯电压一致。

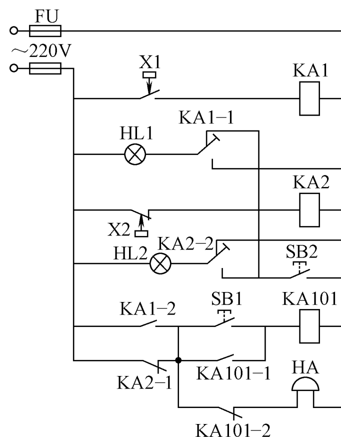


图 13-34　两参数输入有触头信号报警器

13.35　能区别瞬时故障的报警器

在生产过程中，常常会碰到参数短时间内越限的情况，虽然事后很快地恢复正常，但可能预示着更大的潜在危害。所以需要一种能区别瞬时故障的报警装置，以便可靠地监视生产情况，发现问题，及时采取措施，排除潜伏的故障点。

图 13-35 所示的电路工作原理是：当某一监测参数越限，其相应继电器得电吸合（图中为 X1），其常开触头闭合，KA1 吸合，KA1-1 闭合，报警信号灯 HL 发亮。同时，KA1-2 也闭合，电铃 HA 发声报警。当按下按钮 SB1 后，如果是瞬时故障，便可解除电铃和灯光报警，否则电铃解除报警，但灯光继续指示故障存在。

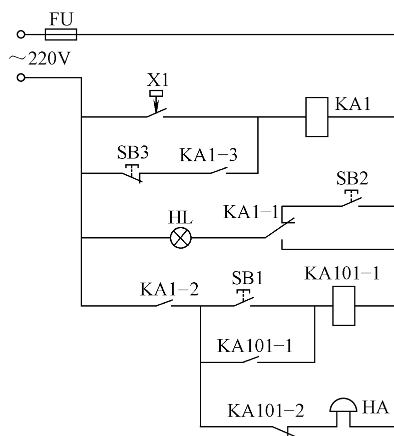


图 13-35　能区别瞬时故障的报警器

13.36　简单断续声报警器

图 13-36 所示是一种简单报警器。当合上开关 S 时，扬声器可发出断续的报警信号，调节电位器 RP 可改变声响频率。

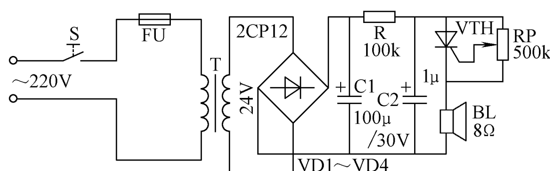


图 13-36　简单断续声报警器

当通入电源，电容 C2 充电，随着电容 C2 上的电压升高，晶闸管阳极电压升高，这个电压的一部分加在晶闸管的门极上。当阳极电压和门极电压达到某一值时，晶闸管导通，电容 C2 通过晶闸管及扬声器放电，发出报警声。待电容电压放电后，电压下降，晶闸管截止，报警声停止。而后电容 C2 又重新充电，这样反复进行，扬声器就会发出断续的报警声。

13.37　停电、来电报警器

一些重要的工作场所，在停电时往往用备用发电机发电来满足用电需要，例如在电影院、宾馆等场所。而在电网恢复供电时，则希望能迅速停止备用发电机工作，以避免不必要的浪费。图 13-37 所示是一台简单的停电、来电报警器，可方便地告知停电、来电情况。

当电网正常供电时，氖管 Ne 通电发光，继电器 K 吸合，此时将开关 S2 置于 1 位置，报警器 HA 和灯泡 HL 不能得电报警。当电网失去电压时，K 释放，这时接通电路中报警器电源电路，发出停电报警，使值班人员及时开动备用发电机，开机后把开关 S2 拨到 2 位置，为来电报警做好准备。当来电时，报警器发出来电报警信号，告知工作人员电网来电，便可

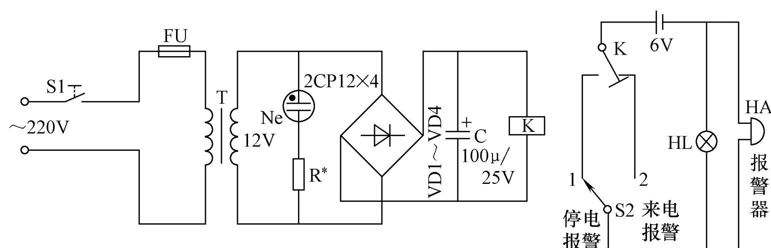


图 13-37　停电、来电报警器

及时停止发电机，改为电网供电。同时将开关 S2 置于 1 位置，报警信号停止，并为下次监测停电做好准备。

13.38　水满报警器

图 13-38 所示是水满报警电路。工作时将开关 S2 闭合，当水箱里面的水位上升到规定的高度时，两个感应片通过水箱里面的水导通，使继电器 K 吸合，此时可通过电铃发出警报，安全绿灯熄灭，红灯发出亮光显示。整机可装入一个小塑料盒内，感应片 a、b 应安装在水箱上口极限处，两片相距 2cm。

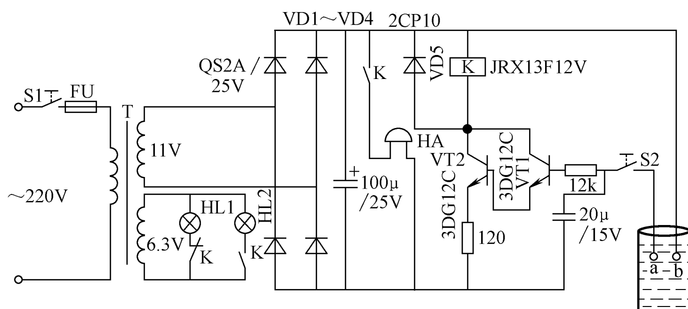


图 13-38　水满报警器

13.39　停电报警器

有时，当电源因故停电时，需自动报警，以告知人们尽快排除故障。图 13-39 所示是一种停电报警器。当电源因故障停电后，接触器 KM 释放，KM 常闭触头闭合，使电解电容 C1 向声光报警电路放电，氖泡发光，扬声器发出报警信号，报警时间为 5～6min。

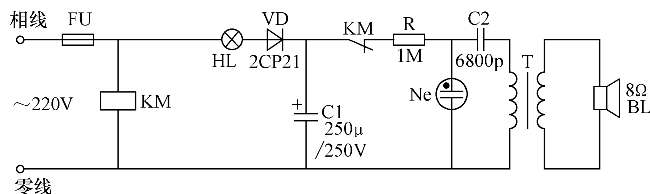


图 13-39　停电报警器



13.40 声光报警器

图 13-40 所示是可间歇发出报警声光的报警器。可用于铁路道口作禁止通行警示。它是由晶体管 VT1、VT2 组成无稳态电路。VT2 不断导通截止，故继电器不断吸合释放。灯亮和电铃响，取决于 VT2 的导通时间，灯灭和电铃停响取决于 VT1 的导通时间。

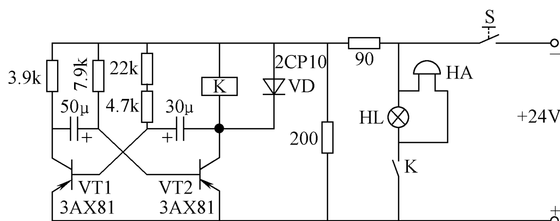


图 13-40 声光报警器

13.41 简易强放发射机电路

该电路仅供参考和实验，如要使用的话，需征得当地无线电管理部门的批准。

如图 13-41 所示，以电子管 FU-7 为核心组成混频、振荡电路，调幅信号经天线发射出去。

电源变压器功率大于 200W，T2 用 30W 电子管收音机输出变压器，一次绕组阻值为 8Ω，二次绕组阻值为 6kΩ，云母电容耐压大于 600V，L3 用电子管超外差式收音机中的 LT102S。天线水平或竖直设置。

该机发射频率为 2.2～7MHz，输出功率为 25W，消耗功率为 100W，发射距离大于 300km，音频信号经 25W 扩音机送入。

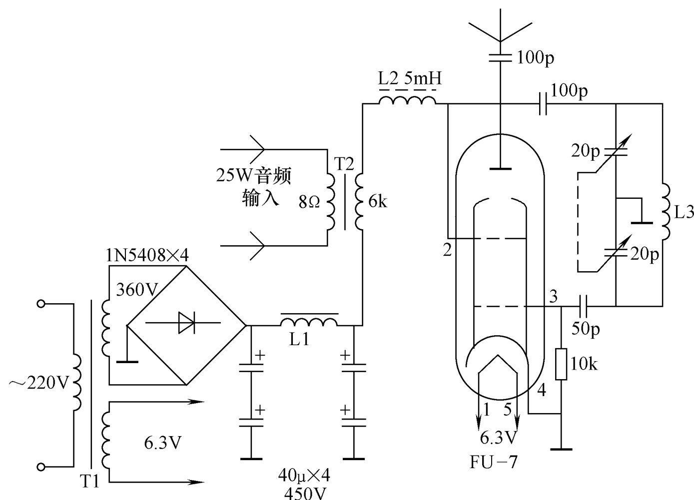


图 13-41 简易强放发射机电路

13.42 车辆转弯语言提示电路

该电路可使车辆在转弯时，伴随转向灯发出“左转弯”和“右转弯”语言提示信号，以警示行人，帮助司机安全转弯。

电路如图13-42所示，HFC5211为内部固化了“左转弯”和“右转弯”语言数据的语言集成电路，可通过控制触发端2、3脚得到不同的输出。电路中A、B分别与车辆转向开关相连，通过VT1、VT2触发HFC5211。R2、C2为HFC5211的振荡元件。6脚输出的语言信号送往功放升压电路TWH68，TWH68能将信号电压升至50～100V，最后由超响度扬声器TWH15发出声音。

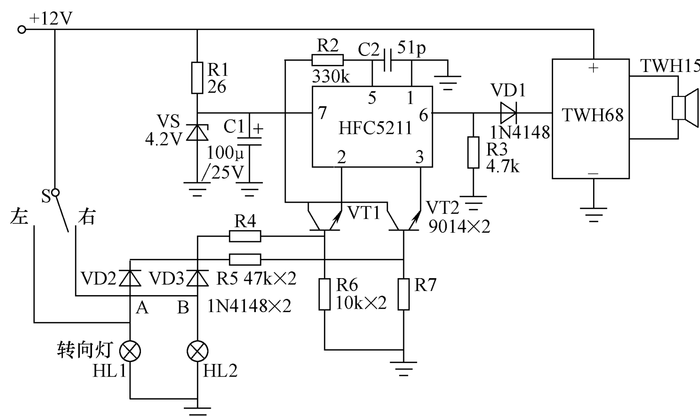


图13-42 车辆转弯语言提示电路

13.43 发光式逻辑测试笔电路

图13-43所示是用发光二极管的显示，来判断被测电压正负、高低电平的一种逻辑测试笔电路。

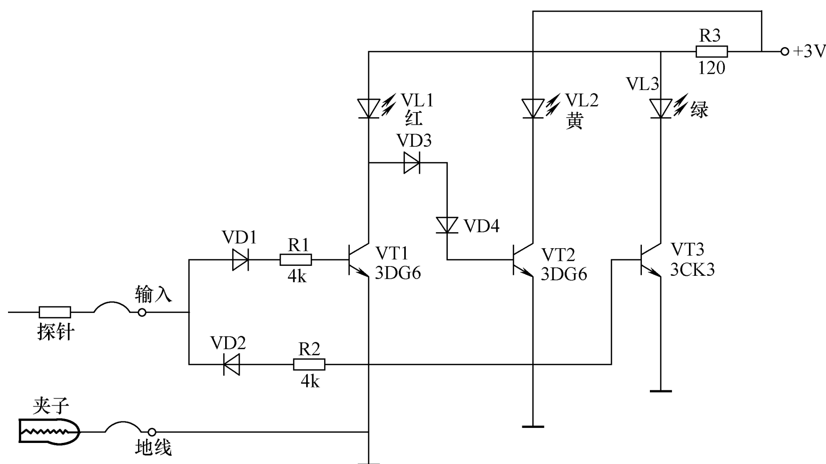


图13-43 发光式逻辑测试笔电路



当探针接触到的是低电平，也就是零电位时，VT1 截止，VT2 导通，VL2 有电流通过，发出黄色亮光，显示电路为“0”状态。当探针输入的是高电平时，VT1 饱和导通，VL1 得电发出红色亮光，显示电路为“1”状态。当探针接触到负电平时，VT3 导通，VL3 发出绿色亮光，显示电路为“－1”状态。当探针接触的是正脉冲信号时，红黄两管交替发光表明是正脉冲序列，绿黄两管交替发光表明是负脉冲序列。测试时，夹子应与被测电路的接地端接好。

13.44　简单的电子报警器

图 13-44 所示是一个简单的电子报警电路。在晶体管的基极和发射极之间接入一段直径为 0.1～0.2mm 的铜导线作为保护线，沿着被保护物体的边沿拉起来。这条保护线电阻不大，因此，可以认为晶体管的基极和发射极是直接相连的。当保护线未断时，晶体管截止，接在晶体管集电极的小型继电器不会动作。但是，如果被保护的物体位置移动将保护线拉断，则晶体管导通，继电器 K 吸合。由继电器触头接通的信号装置如电铃等，就会立即发出警报。

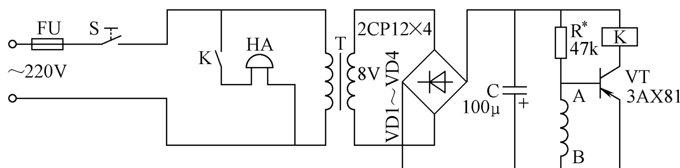


图 13-44　简单的电子报警器

13.45　能传递信号的简单门铃

图 13-45 所示是一种能传递信号的简单门铃电路。电路中 Ne 是一只氖灯，可将荧光灯辉光启动器中的氖泡和电容由并联改为串联，来代替氖灯装在门外的电铃按钮 SB 旁边。钮子开关 S 装在房内，只有在 S 合上时，门外的氖灯才亮。通过 S 的关闭或打开，向门外传递信号，如氖灯亮，表示屋内有人，氖灯不亮，表示无人。

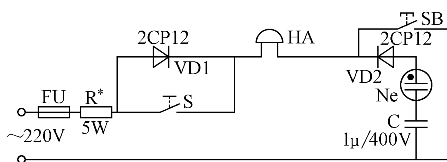


图 13-45　能传递信号的简单门铃

13.46　简单实用的单线双向电铃

图 13-46 所示是一种单线双向电铃电路。它的工作原理是当按下电铃按钮 SB1 时，远方的 HA2 通过 VD1、VD4 得电发出响声；当按下 SB2 时，电源通过 VD2、VD3 使 HA1 得电发出响声。HA1 和 HA2 用 701 型 12V 电铃，取消外接信号灯，改接一只 51Ω 的电阻即可。

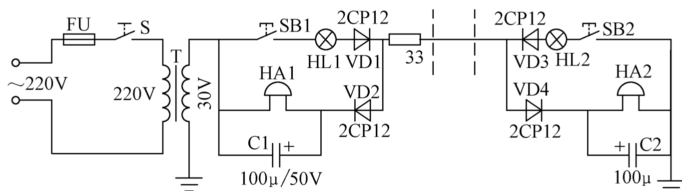


图 13-46　简单实用的单线双向电铃

13.47　单线远程控制双向电铃

单线远程控制双向电铃电路，如图 13-47 所示。当甲地按下按钮 SB1 时，电源相线经过 SB1、单根外线并通过乙地的按钮 SB2 常闭触头与乙地的零线形成回路，此时乙地电铃发出响声。由于在按下甲地按钮 SB1 的同时，按钮 SB1 的常闭触头断开，故本地（甲地）电铃不能得电发出响声。同样，当按下乙地的按钮 SB2 时，只有甲地电铃得电发出响声，乙地（本地）电铃不发出响声。此电路只有一根外线，具有节约导线、电路简单等优点。安装时，甲地与乙地所接的相线应为电力系统中同一三相四线制的同相线。如一端为 L1，另一端为 L2，则当两端同时按电铃时，将造成 L1、L2 两相短路。

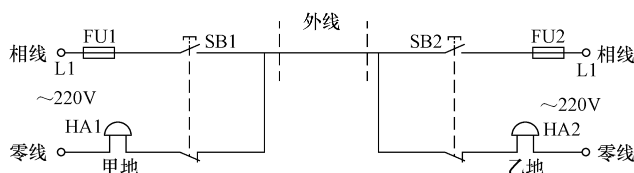


图 13-47　单线远程控制双向电铃

13.48　用音乐集成电路做电子门铃

用音乐集成电路做家用电子门铃，体积小，美观价廉。接线方式如图 13-48 所示。整机装入小塑料盒内，按钮 SB 在门框上方。

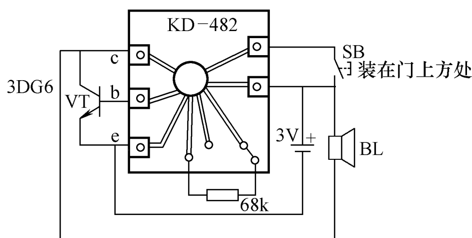


图 13-48　用音乐集成电路做电子门铃

13.49 25W 傻瓜功放

这里给出的功放电路极其简单，应用时，外围不用一个元器件。12V 供电时，4Ω 扬声器上可得到 25W 的功率输出，是自制音响时的良好选择。

傻瓜功放型号为 1025，它是中山市达华电子厂生产的原傻瓜 175 功放的换代产品，有许多优点：①相同电源下，输出功率大。②免外围电路，仅有电源正负输入、信号输入、功率输出五根引出脚，使用简单。③高阻抗场效应晶体管输入，灵敏度高，对前级信号源无需严格的动力驱动。④工作电压范围宽，且输出失调电压及失真度低。⑤单电源供电。

傻瓜 1025 功放电路各引出脚功能及其应用电路如图 13-49所示。图中 1000μF 电容为电源退耦电容，用 12V 蓄电池供电时，加上该电容，用整流滤波供电，可不用该电容。工作时应该给功放块安装 100mm^2 以上的散热器。

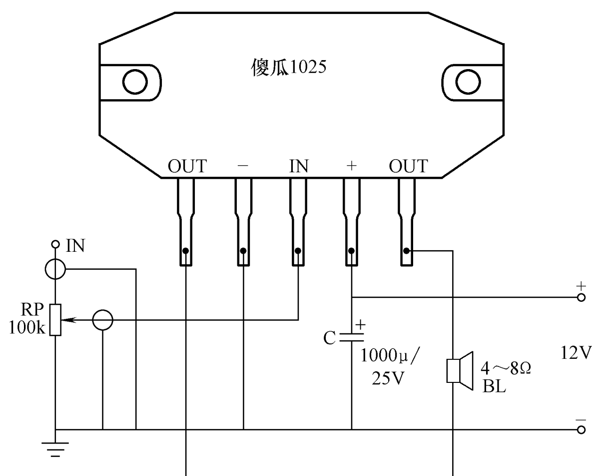


图 13-49 25W 傻瓜功放

13.50 电子喷泉电路

该电路使高频压电陶瓷片产生超声波，水在高频高压超声波的作用下产生空化效应，从而产生喷泉和水雾。

电子喷泉与盆景艺术相结合，可以产生喷云吐雾的“仙境”，同时利用它加湿空气，是干燥地区室内理想的加湿保健工具。

图 13-50 所示为电子喷泉的电路，变压器降压，桥式整流得到脉动直流电，供给振荡电路。以 VT、HTD 为核心构成振荡电路，振荡频率为压电陶瓷片的谐振频率 1.65MHz，HTD 实为超声波换能器，工作时它置于水中，产生的超声波使水雾化。

制作时，对 VT 有特殊要求，$V_{(BR)ceo}>150V$，$V_{ceo}<3V$，$f_T\geqslant10MHz$，$I_{CM}=5A$，$\beta>25$，可采用 BU406D、3DA27B 等管。HTD 是谐振频率为 1.65MHz 的专用压电陶瓷片，外径为 20～30mm，与普通压电陶瓷片相似，但两者绝不能相互替代。L2 用 $\phi0.6$mm 左右的漆包线在直径为 10mm 的骨架上绕 2 圈，脱胎成空心线圈。L1 用 $\phi0.6$mm 漆包线在 $\phi12$mm ×

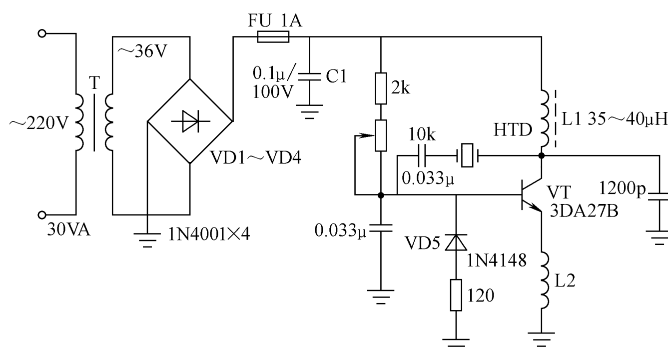


图 13-50　电子喷泉电路

10mm 圆形工字形磁心上绕 20 圈左右。电源变压器要求功率大于 25W，二次电压为 36～38V，绕线选用 ϕ0.56mm 以上。VT 应加上适当的散热片。调试及正常工作时，HTD 必须置于水中，否则极易损坏。

13.51　倒车语言提示报警电路

该电路能够在汽车倒车时，发出“请注意，倒车！……”的语言提示报警声，帮助司机安全倒车。实践证明它是汽车不可缺少的附加功能之一。

如图 13-51 所示，S 为电路电源开关，安装在司机旁边，倒车时合上它，电路即可工作。VD1～VD4 为电源极性转换电路，当 A、B 不分反正地接在汽车 12V 电源供电电路上时，都能保证 C 点为 +12V。IC1 为 ROM 型语音片电路，它在通电时，能够连续输出“请注意，倒车！”的语言信号，R2、C2 为 IC1 的振荡元件，R1、VS 为它供 3V 直流电，4 脚输出的音频信号经耦合电容 C4 送到功放电路 IC2 的 3 脚，放大后由 LM386 的 5 脚输出，经输出耦合电容 C6 由扬声器 BL 发出报警声音。

IC1 的型号为 FHC5209，VS 选用 3V 稳压管，扬声器也可用 4Ω、16Ω 的扬声器，其他元器件如图中所注，无特殊要求。

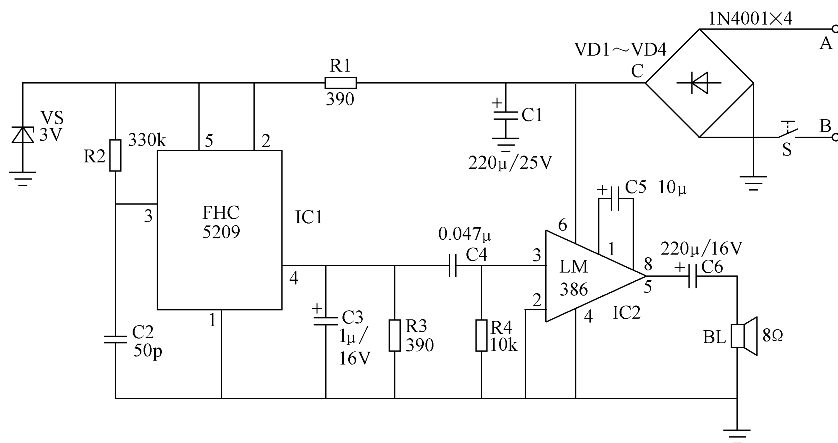


图 13-51　倒车语言提示报警电路

13.52 实用的调频无线话筒

该调频话筒比单管式的调制灵敏度约高一倍，无谐波，用 FM 调频收音机收听时只能在一个频率点上接收到它的信号。由于体积较小，可把它做成领夹式话筒。

电路如图 13-52 所示，晶体管 VT1、VT2 及 L、C2 构成音频多谐振荡器，完成音频信号的调频及射频信号的发射，改变 L 的匝数及 C2 的容量可改变其发射频率。L 用 ϕ0.51mm 漆包线在铅笔上绕 5 圈脱胎而成，R2 为 VT1、VT2 的偏置电阻，调整 R2 使工作电流为 0.7mA 左右。天线用 60cm 长的软线，话筒用小型 MIC 电容话筒，晶体管 VT1、VT2 用 9018。

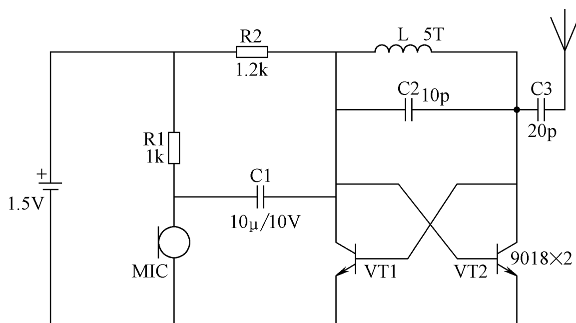


图 13-52 实用的调频无线话筒

13.53 电子捕鼠器

图 13-53 所示是一种简单的电子捕鼠器电路。红黑两接线柱分别接到金属电网上，电网间隙为 2cm。当老鼠接触通电的电网时，会被击倒，同时扬声器发出报警信号。此时便可断开电源把老鼠捕获，达到灭鼠之目的。

在使用这种电子捕鼠器时要有专人值班看守，并应特别注意人身安全，必须设立栅栏，人接近时首先要断开电源。

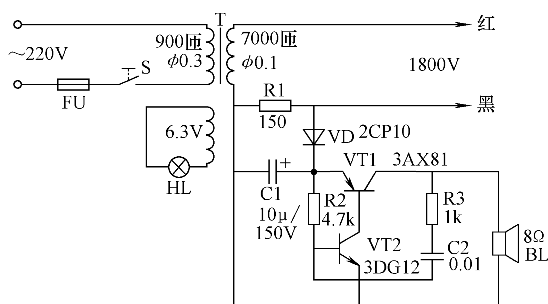


图 13-53 电子捕鼠器

13.54 BZN－5 型电子灭蝇器

图 13-54 所示是 BZN－5 型电子灭蝇器电路。220V 交流电经电容及二极管组成的 5 倍整流电路升压，输出 1400V 的高压，接至电网上进行灭蝇。灭蝇时可在电网下边放些诱饵。用此灭蝇器时应特别注意人身安全。

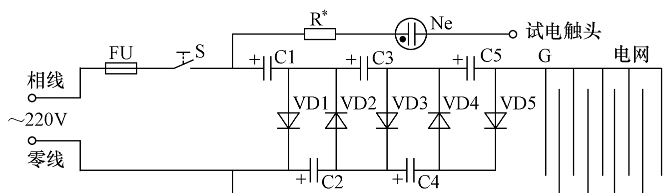


图 13-54 BZN－5 型电子灭蝇器

此电路简单易行，可以自制，它每日耗电低于 0.005kWh。电路中 VD1 ~ VD5 反向电压为 800V，电流为 300mA；电容耐压为 630V，容量为 0.47μF。

13.55 电子体温表电路

电子体温表的电路如图 13-55 所示。RT 是热敏电阻，FC3 是集成运算放大器，VD1 ~ VD4 组成桥式整流电路，输出单向信号。VT1、VT2 等组成开关电路。

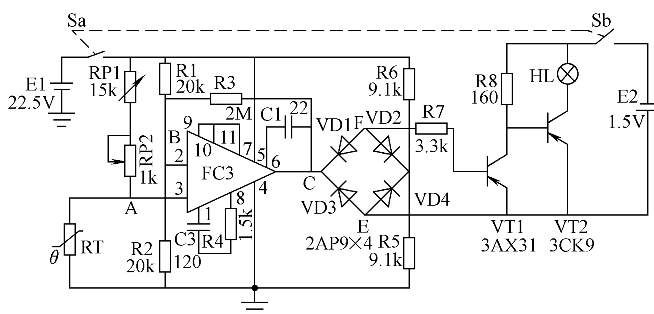


图 13-55　电子体温表电路

当热敏电阻 RT 的阻值随所测物体的温度变化到一定阻值时，A、B 两点有差值信号输出，此信号经 FC3 放大，VD1 ~ VD4 整流后，加到 VT1 的基极，VT1 导通，VT2 截止，小灯泡 HL 不亮；这时旋动电位器 RP2，使 A、B 两点间无差值信号输出，则 VT1 截止，VT2 导通，小灯泡就亮。如果电位器 RP2 旋转角度记以温度刻度，那么就可以在灯亮时，读出被测物体的温度了。

RT 为负温度系数的金属壳热敏电阻，型号为 RRC-3J22，20℃时阻值为 10kΩ，若用玻璃壳的更理想（用正温度系数的热敏电阻也可以）。FC3 用的是处理器中增益运算放大器。VT1、VT2 的漏电流要小于 100μA，β 要大于 30；小灯泡用电压为 2.5V 以下的。E1 用 22.5V 仪表用积层电池，E2 用一节 4 号电池。

13.56 摩托车、拖拉机大灯稳压器

一些摩托车、农用拖拉机的照明大灯，直接接在车载发电机上，往往是油门大，灯亮，油门小，灯暗，使用很不方便，同时还经常烧灯泡。为此一些新车加装了交流发电机稳压器，提高了照明灯的可靠性，给使用者带来了方便。

电路的工作原理如图 13-56 所示。当磁电机的交流峰值电压低于 6V 时，稳压器电路不工作；当峰值电压高于 6V 时，正、负半周通过 R、VS1、VS2 触发双向晶闸管 VTH 导通，阻值较小的电阻 R 并接于磁电机输出端，由于磁电机的输出功率有限，R 的接入限制了输出电压的进一步上升，从而达到稳压的目的，使灯泡工作在额定电压以内，不

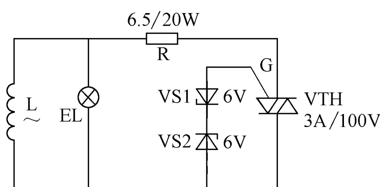


图 13-56　摩托车、拖拉机大灯稳压器

致损坏灯泡，同时当车的速度在一定范围内变化时，灯泡均保持稳定的亮度，以利于夜晚行车安全。

实际制作时，要根据灯泡的额定电压选定稳压管的稳压值，同时灯泡功率较大时，R 的功率、VTH 允许通过的电流都应增大。

13.57 电子驱蚊器电路

随着仿生学的不断发展，人们逐渐揭示了蚊子的一些奥秘和特性。一般说来，雄蚊不咬人，怀卵的雌蚊叮人吸血。雌蚊怀卵期间不喜欢与雄蚊接触，听到雄蚊发出 21 ~ 23kHz 的超声波信号时，便立即飞起。据此，应用电子电路产生模仿雄蚊的超声波信号，从而达到驱蚊的目的。

超声波电子驱蚊器典型电路如图 13-57 所示。其中单结晶体管 VT1 是一个弛张振荡器，10kΩ 电位器 RP 用来调节振荡频率；晶体管 VT2 工作的脉冲状态起功率放大作用；二极管 VD 为续流二极管。

这种驱蚊器工作后，在距它 2m 左右的范围内有一定驱蚊防咬效果。尽管仍有蚊子在飞，甚至还会落在人身上，但一般不咬人，原因是喜欢叮人吸血的雌蚊已被驱，剩下的雄蚊子基本都不咬人。该电路扬声器是个关键，应选用高频响应特性好的扬声器或高音扬声器，确保多辐射超声波功率，提高驱蚊效果。在当前条件下，采用耳机作电声换能器亦可。

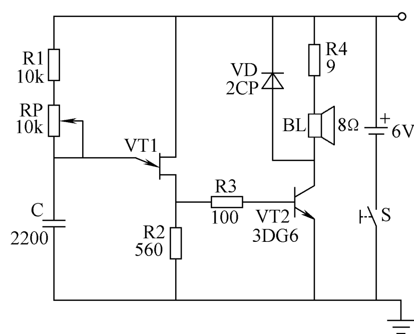


图 13-57　电子驱蚊器电路

13.58 养鱼缸保温器电路

在图 13-58 电路中，用 24 只 300Ω、0.5W 的电阻并联作为发热元件 R7，埋在养鱼缸的铺底沙中，用 24V 灯泡接在加热器两端作通电指示。电阻和连接物用环氧树脂防水。T 是电源变压器。养鱼缸温度由热敏电阻 R2 决定。该设备适用于 15kg 水的鱼缸。

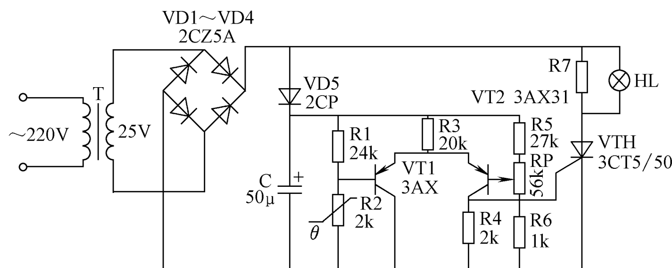


图 13-58　养鱼缸保温器电路

13.59　0～30V 连续可调稳压器电路

该电路以三端稳压器 W317 为核心，外加一个－1.25V 稳压电路，在输入电压为 40V 时，输出电压可在 0～37V 连续可调。

电路如图 13-59 所示，元器件参数如图中所标注。A 端接－10V 电源，VS 选用 1.25V 稳压管。调整 RP 改变输出电压。

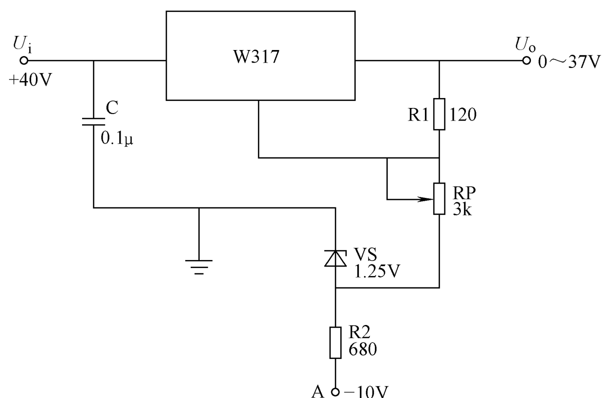


图 13-59　0～30V 连续可调稳压器电路

13.60　单片三端稳压器的扩流电路

这里介绍的电路是采用 NPN 型大功率晶体管 3DD15 来扩展 7812 稳压块的输出电流。其他系列的稳压块扩展时电路类似。电阻 R 的接入是为了保证电路有良好的负载调整率。

如图 13-60 所示，电阻 R 给二极管 VD1 提供了一个通路，使其始终有电流流过，VD1 的正向压降使晶体管 VT 得到偏置电压而处于导通状态，扩展的电流由晶体管的发射极输出。VD2 用来补偿晶体管发射结的电压，使电路仍有 12V 的电压输出。

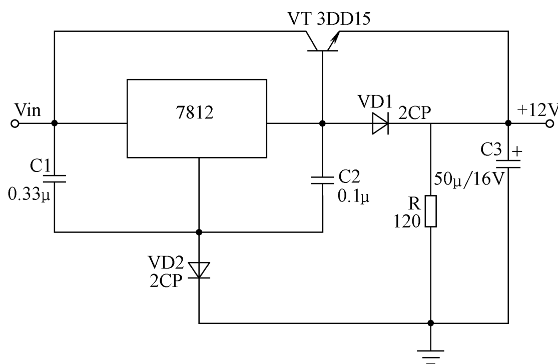


图 13-60　单片三端稳压器的扩流电路

13.61 防暴电枪电路

如图 13-61 所示，晶体管 VT 与变压器 T 的一次绕组 L1、L2 组成电感三点式振荡器，将电池的直流电转变为交流电，经 T 升压，VD 高压整流，C 滤波，在 A、B 两端得到直流高压。

图 13-61 所示的防暴电枪电路中，晶体管 VT 用 D880，变压器用铁氧体磁心，一次绕组 L1 用 ϕ0.35mm 漆包线绕 45 匝，L2 用 ϕ0.35mm 漆包线绕 55 匝，二次绕组用 ϕ0.07mm 高强度漆包线绕 1500 匝，VD 用高压硅粒或用电视机硅柱代替，C 用 2000pF/10kV 高压电容。电池用三节五号镍镉充电电池。

防暴电枪的制造和使用应遵守国家的有关法令和法规，并注意使用时的安全问题，确保人身安全。

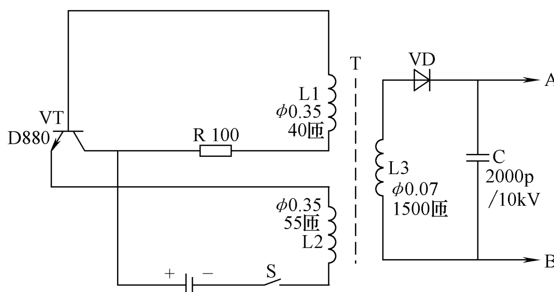


图 13-61　防暴电枪电路

13.62 用中频变压器代替遥控器晶体

如今的家用电器具有遥控功能的已越来越多，但遥控器在使用过程中，磕碰、冲撞在所难免，其中的石英晶体元件极易因遥控器的剧烈振动而损坏。维修时，相同型号、相同谐振频率的晶体有时不易得到。下面的方法可解燃眉之急。

这里介绍用中波收音机中频变压器（俗称中周）代替彩电遥控器中的 455kHz 石英晶体的方法。因收音机中周的中频频率为 465kHz，因而可用其中的 LC 谐振电路直接代替石英晶体。制作时，小心取出中频变压器中工字形磁心和线圈，外壳、塑料骨架等不用，拆卸时注意保护好与电容并联的绕组，因为它是我们要使用的线圈。取与 L 配套的电容，其容量一般有 200pF、510pF 两种，体积越小越好，然后与线圈并联焊接到原石英晶体处，用蜡将线圈固定到电路板上即可。

实践证明，无论线圈与电容采用串联，还是并联，电路都可工作。必要时可通过增减线圈匝数来调整谐振频率。

如代换时不成功，可同时调整电容的容量及线圈匝数来满足要求。

此种方法取材容易，不用钻孔，不怕碰撞，可谓一劳永逸。

如图 13-62 所示，其中图 a 是收音机中的中频谐振电路，图 b、c 是串并联代换电路，

图 d 是遥控器石英振荡电路。将坏的晶体去掉，代换电路接于 A、B 处即可。

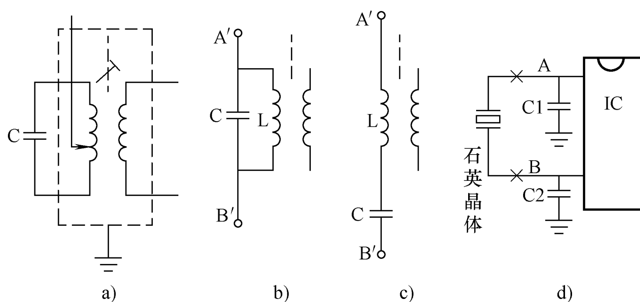


图 13-62　用中频变压器代替遥控器晶体

13.63　煤气炉点燃器

运用电容限流的原理，将市电相线与地线瞬间接触放电，产生小火花来点燃煤气炉，这种办法安全又方便，使用效果良好。

找一个 2μF/400V 油浸电容，一支用净的竹笔杆以及数米长的导线，按图 13-63 连接。为了安全，最好在相线与电容之间安装一个开关。另外，用导线将煤气炉灶铁架与大地连接（可以接在煤气管道或自来水管道上，也可以接在埋入地下 1m 左右的金属棒上），注意必须保证接触良好。

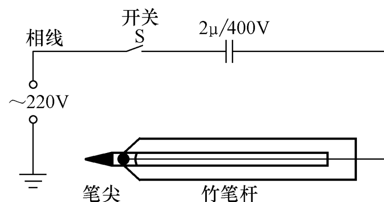


图 13-63　煤气炉点燃器

先闭合电源开关，然后开启煤气的阀门，手持竹笔杆在灶具的喷火处划动几下，放出的电火花会很快地点燃煤气。用毕后关掉电源，并将竹笔杆悬挂在墙上。

13.64　家庭用电防过电压、防雷击保护电路

家庭用电通常为交流 220V，实际中过电压现象时有发生。有时动力电路串入照明电路，220V 变成了 380V，有时因刮风高压线搭在了照明线上。雷电也有可能串入家庭电路。这些情况轻则造成家用电器的损坏，重则造成火灾及人身伤亡。在农村有时候整个村庄的电路同时被损坏。因此家庭用电防过电压、防雷击保护势在必行。

下面的电路对家庭安全用电，防止上述情况的发生有着重要作用。

电路如图 13-64 所示，该电路的关键元件是一种特殊电阻——压敏电阻，它能对峰值高于 360V 的交流、直流、脉冲电压呈泄

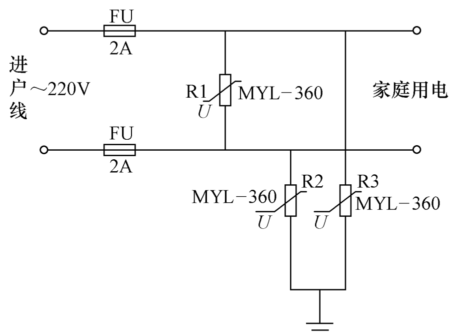


图 13-64　家庭用电防过电压、防雷击保护电路

流状态，从而使两端的峰值电压不超过360V，进而使与此相并联的家用电器得到了保护。

实际应用时，将电路接入进户线与家庭用电电路之间，地线要可靠接地。当电路起保护作用时，压敏电阻与熔丝往往同时烧毁，这时要同时更换。

简单应用时，可将压敏电阻直接并接在刀开关盒内，这时熔丝用2A为好，不宜太大。

13.65 婴儿尿布干湿检查器

婴儿的尿布要勤换，这是大家都知道的，但婴儿的小便次数频繁而又无规律，很难掌握。用图13-65所示电路安装一个尿布干湿检查器，使用简捷，灵敏度很高，效果甚佳。平时，将两根电极放在尿布中间，检查时，合上电源开关S，若小电珠亮了，表示布已湿，反之未湿。

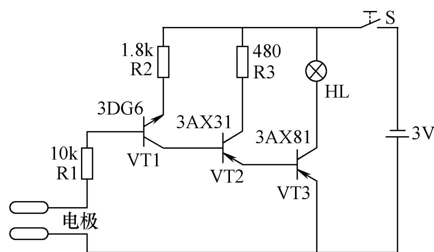


图13-65 婴儿尿布干湿检查器

13.66 用双向过电压保护二极管构成的高压电路

该电路以工作电压为140V的双向二极管为核心构成振荡电路，产生峰值很高的尖脉冲，经变压器进一步升压得到数万伏的高压。可用于产生空气负离子以及电篱笆等场合。

制作时，R选用500Ω~1kΩ，采用100W以下电热丝的一段代用，不可用小功率电阻。C用0.5μF/600V油浸电容。T可用一体化行输出变压器代用，也可用DQ130型汽车点火线圈代用。双向二极管采用BR210，需加散热片。调试时，调整R的大小，使 V_{ab} 稍大于VD的工作电压140V即可。

电路如图13-66所示。点画线内为一体化行输出变压器的一部分绕组。

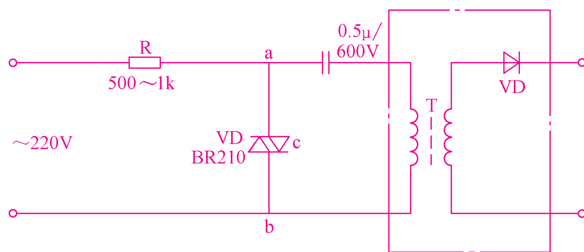


图13-66 用双向过电压保护二极管构成的高压电路

13.67 晶闸管高压发生器

如图13-67所示，该电路直接使用交流220V电源，电路简单，工作稳定可靠。其产生的高压可用于电子点火等场合。

VTH选用1A/600V单向晶闸管，二极管VD用1N4007，R用68kΩ/0.5W电阻，C用

10μF/450V 纸介金属化电容，变压器可用电视机一体化行输出变压器代替。也可自制，自制时，一次绕组用 ϕ0. 55mm 漆包线绕 400 匝，二次绕组用 ϕ0. 12mm 漆包线绕 5000 匝，层间、绕组间要加强绝缘，磁心可采用磁棒。A、B 为放电极。

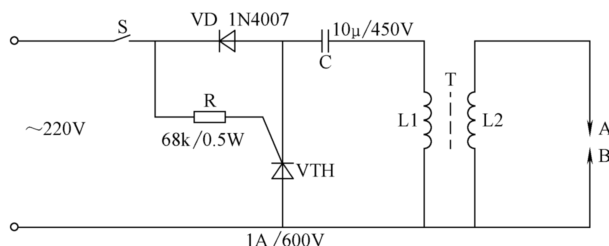


图 13-67　晶闸管高压发生器

13. 68　小型蓄电池充电机的制作

用 50VA、二次电压 36V 的行灯变压器可改绕成抽头较多的电压挡位，再加一些电器元件便可制成一个小型充电机，如图 13-68 所示。所用元器件为：220V 电源插头一个，一段胶质线，一个钮子开关，一个 2CZ5A 整流二极管，一只单刀五掷换挡开关，另接一自带分流器的 5A 电流表，即可按图所示电路连接，制成一个小型蓄电池充电机，整个机器可装在一个木盒内，电流表、开关装在盒上面。这种充电器电路简单，实用方便，适合摩托车蓄电池充电以及家用蓄电池。可调整 S2 使电能保持在一定的范围内。

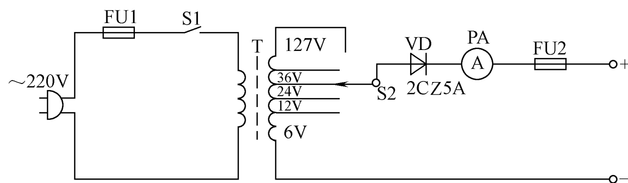


图 13-68　小型蓄电池充电机的制作

13. 69　声音电平指示灯

目前生产的收音机，一般都装有发光二极管电平表。收音机工作时，随着输出功率的变化，发光二极管交替闪闪发光。

在电视机音频输出级也可以装一种简单的声音电平指示灯。

如图 13-69 所示，HL 可用一般微型指示灯，电解电容用来改善收音机音质，用 20μF/10V 的普通产品即可。如果有音箱的话，在其面板上装上两三个不同颜色的指示灯，就会使你的音箱更加美观。

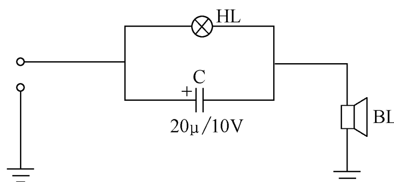


图 13-69　声音电平指示灯



13.70 桥式整流π形滤波电路

两只电容C1、C2与电感L组成π形滤波电路（见图13-70），整流输出的脉动直流电先经C1滤波，再经L和C2滤波，因此滤波效果更加良好。它可用于充电及收音机电源上。

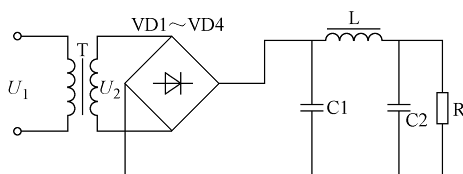


图13-70 桥式整流π形滤波电路

13.71 自控“热得快”实用电路

该电路有如下特点：①当热水瓶中的水太少时，或在加热时从水中拔出加热件，能自动断电，以确保安全；②当热水瓶中的水沸腾后能自动断电，断电后不会重复沸腾。

电路工作原理如图13-71所示，SB为起动按钮，使用时，水位检测电极A、B与加热管一同置于注满水的热水瓶中，按一下SB，变压器T一次侧经电热管降压有交流电通过，经升压，二次侧得到12V左右的交流电，经VD1、VD2整流及水位检测电极A、B之间的水电阻，在C上形成10V左右的直流电压，供给继电器动作之用，K为动作电压为8V的小型继电器，与SB并联的为K的常开触头。VL为工作指示灯，当继电器吸合时，VL亮，同时触头K闭合，电热管RL得电加热。当SB松开时，继电器处于自保持状态，K一直处在闭合状态，RL保持加热，当瓶中的水沸腾时，由于剧烈的空化作用形成许多气泡，使A、B间瞬时断开，K失电，K断开，完成加热过程。此后，即使水降温，继电器也不会动作，电热管也不会再加热，除非再按一下起动按钮SB。

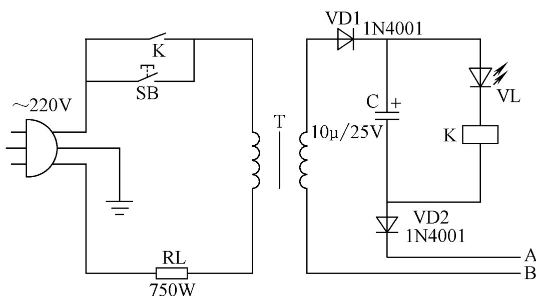


图13-71 自控“热得快”实用电路

当瓶中的水太少时，由于A、B间的电阻大或呈开路状态，即使按了SB，由于继电器得不到工作电压，K仍保持常开状态。松开SB后，RL得不到工作电压而不能加热。

变压器T可用收音机音频输出变压器代替，根据加热管的功率不同，调整二次绕组匝

数，以得到12V左右的交流电，供继电器工作之用。

13.72　超声波打孔机电路

超声波打孔，具有效率高、成本低、不易损坏加工件的优点，是石材雕刻、珍珠加工等行业不可缺少的加工机械。

图13-72所示是XTZ-300型超声波打孔机电路。电路产生大功率的超声波信号，由特种压电陶瓷振子将超声波电能转化为超声波机械能，再由工作针头将超声波传递给加工件，以实现工件打孔。

图13-72　超声波打孔机电路

电路中，围绕VT1组成超声波信号振荡产生电路，其振荡频率由L1、C1、C2、C3决定，VT2、VT3组成驱动放大电路，RP用以调节脉冲输出幅度的大小，放大后的信号经变压器T1耦合到功放电路。VT4～VT9组成变压器耦合推挽功放电路，经功率放大的超声波电信号由变压器T2耦合到超声波换能器HTD，实现能量输出。

换能器主要由压电陶瓷片、铝质探头、锥形铜杆、工作针头等部件组成。

L1用行振荡线圈，T1用巨型磁心绕制，T2用小型磁心绕制，功率管可选用2SD850、2SD1403等，要求$V_{(BR)ceo}>250V$，$I_{cm}>75A$，多管并联使用，同时应安装足够的散热片，并配接小型风扇，以利于长时间稳定工作。

13.73　用555时基集成电路构成的延时开关

555时基集成电路是一种用途广泛的集成块，用它构成的定时器具有定时精度高，工作稳定可靠的特点。这里提供的电路，是把它用作延时开关，控制照明灯的延时工作，达到节电的目的。

电路如图13-73所示，工作原理如下：平时，因VTH截止灯泡EL不亮。当SB按下时，经C5降压，VD2整流，C4滤波，VS稳压为定时电路提供9V直流电。C2通过RP开始充电，开始时因C2两端电压不能突变，IC的2、6脚为低电平，3脚输出高电平，晶闸管VTH得到触发而导通，灯泡亮。当SB松开后，由VTH为9V供电电路提供了通电回路，C2

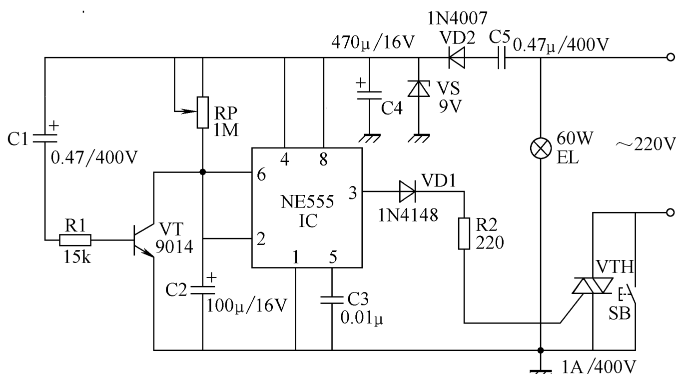


图 13-73 用 555 时基集成电路构成的延时开关

继续充电，2、6 脚仍处低电平，3 脚为高电平，VTH 有触发电平。此时电路处于互锁保持状态。随着 C2 的充电，当其电压上升到电源电压的 2/3 时，电路翻转，IC 的 3 脚由高电平跳转为低电平，晶闸管 VTH 截止，灯泡熄灭。此后 C2 因有电荷，而维持一定的端电压。为 IC 下一次的翻转造成了困难，VT 的接入恰好解决了这个问题。当再一次按下 SB 时，9V 直流电对 C1 快速充电，充电电流使 VT 短暂饱和导通，将上一次电路工作时，C2 上的电荷快速泄放掉，然后，VT 截止，C2 又开始充电，IC 的 2、6 脚为低电平，3 脚为高电平，VTH 导通，灯泡亮，电路自锁，最后 C2 又充电至 2/3 电源电压，电路翻转，完成延时亮灯过程。

制作时，VT 选用 9014 晶体管，VTH 选用 1A/400V 双向晶闸管，VS 选用 9V 稳压管，VD1 选用 1N4148 二极管，VD2 选用 1N4007 二极管，IC 用 NE555 集成电路，C2 选用 0.47μF/400V 无极性电容。SB 选用按钮。其他元器件的选用如图所示，无特殊要求。

13.74 医用数字体温计

随着科技的进步，高科技产品给我们的生活带来了更多的实惠。数字测温集成电路 BL0601 就是一种高科技产品，它采用 CMOS 工艺，内部集成 7000 个元器件，用它制作的数字体温计有着传统水银体温计无法比拟的优点，是水银体温计的一种更新换代的产品。

图 13-74 所示是 BL0601 构成的数字体温计电路，它采用 1.5V 电压供电，用热敏电阻 RT 探测人体电阻，用 3 位半液晶显示屏显示测温结果，用压电陶瓷片提醒报警。测量精度为 ±0.1℃；测量范围为 +32.0 ~ +43.0℃；分辨率为 0.1℃。

配合测温电路还有如下功能：

1）报时功能：测温开始后，电路会在 1min、2min、3min 和 5min 时，发出报警声，提醒测量时间。

2）最高温度保持功能：当体温计已不再接触被测者的身体时，最高温度将一直保持到电路断电。

3）自动断电功能：电路开始工作后 10min 自动断电。

4）开关操作：如在电路断电状态下按 SB，则电路进入工作状态显示测量结果；如在电路上电状态按 SB，电路复位，液晶屏无显示。

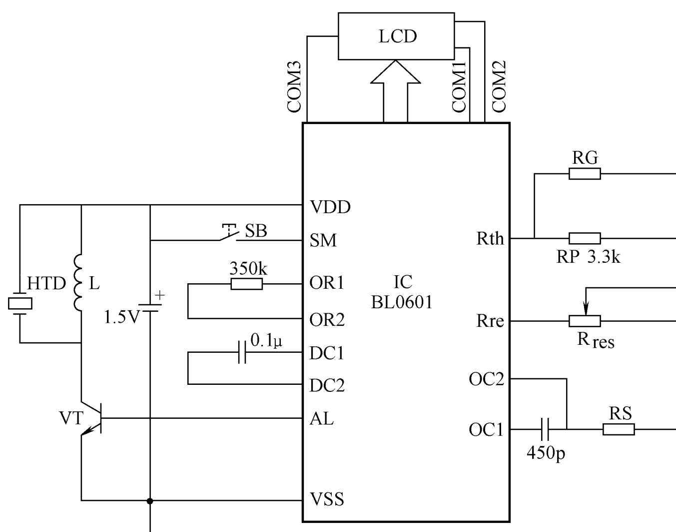


图 13-74　医用数字体温计

13.75　电子变压器电路

电子变压器以其体积小、质量轻、效率高、节电等优点被越来越多的人所接受。这里介绍的电子变压器电路，以三端新型稳压式开关电源控制器件为核心，电路简单可靠，装调容易。

如图 13-75 所示，220V 交流电直接整流滤波后得到 300V 的直流电压。三端集成电路 WS157 完成电路的主要功能，它内含振荡器、PWM 比较器、误差放大器、基准电压电路、控制电路、多种保护电路，以及高压 MOSFET 功率输出管。变压器 T 的一次绕组 L3 产生反馈电压，经 VD6 整流，C3 滤波加到 IC 的控制端作为采样电压，经 WS157 内部处理后控制输出电压保持相对稳定。R1、C2、VD5 组成反峰钳位电路，可提高变换效率和降低 WS157 的反向脉冲电压，以保护 WS157 不被击穿。变压器 T 起振荡、降压和隔离作用，二次绕组 L2 输出方波电压经 VD7、L4、C4、C5 整流滤波，输出 12V 的直流电压。

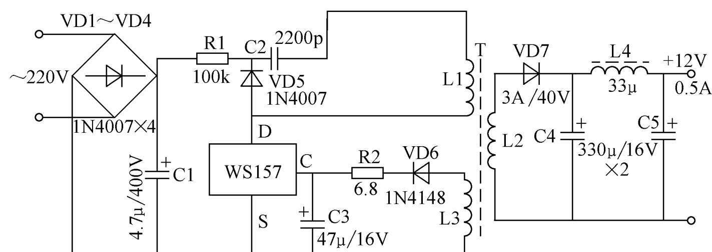


图 13-75　电子变压器电路



13.76 燃气熄火报警电路

该电路工作时，用双金属片传感器检测炉口温度，一旦燃气熄火时，它就自动产生高压火花重新点燃燃气，并发出音乐报警声，很适合燃气灶、燃气热水器的点火及工作监控。

电路如图 13-76 所示，开关 S1 与燃气开关联动，打开燃气的同时 S1 闭合，音乐片电路得电工作，输出音频信号，音频信号一方面使 HTD 发出音乐声，另一方面经变压器 T1 升压。升压后的交流音频信号经 VD1 对 C2 充电，经 R1 对 C3 充电，当 C3 上的电压上升到一定程度时，双向触发二极管 VD2 导通，晶闸管 VTH 导通，C2 经 VTH 对变压器 T2 的一次绕组放电，在 T2 的二次侧感应出 5～10kV 高压，由放电针放电，产生火花，点燃燃气。点燃后，双金属片受热，常闭触头断开，停止奏乐，放电亦停止。当燃气熄灭时，S2 接通，电路会自动连续点火，并发出音乐报警。

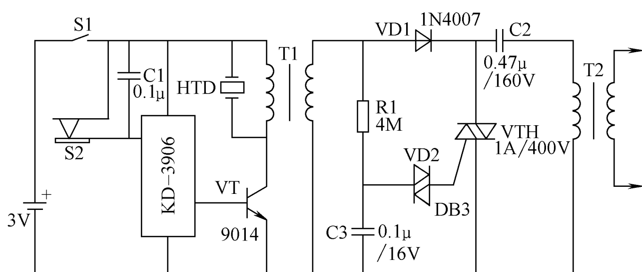


图 13-76 燃气熄火报警电路

制作时，T1 用半导体收音机的输出变压器，一、二次侧倒过来用，T2 用电视机行输出变压器改制，磁心不动，一次绕组用 ϕ0.4mm 漆包线绕 15 匝，二次绕组用高压包代替。

13.77 220V/110V 电子变压器

一些进口电器，在我国使用，往往要附加一个降压变压器，将 220V 变为 110V 才能使用。变压器既笨重，又耗电，给使用带来很大不便。这里给出的电路不用变压器，而采用晶闸管。它具有成本低、体积小、质量轻、省电等特点。该电路更适用于改制进口的日本原装空调。

电路如图 13-77 所示，实际上它是一个晶闸管调压电路，只不过这里让它作 110V 定压输出，以满足进口电器的电源要求，如有可能可把它直接安装在电器内部，以使其适应 220V 的供电要求。

制作时，双向晶闸管选用 3A/400V，双向触发二极管选用 DB3，其他元器件如图中所示。VL 用以指示电路工作状态，可省去不用，R2 要作适当的调整，以保证输出电压为 110V。

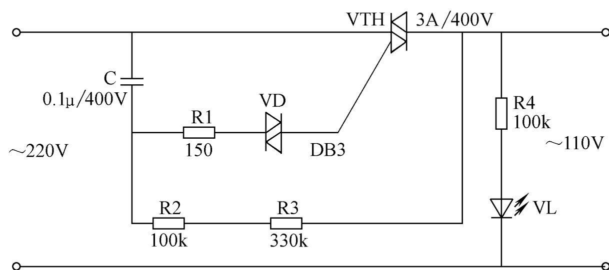


图 13-77　220V/110V 电子变压器

13.78　公厕自动冲水控制器

该电路通过电磁阀定时放水冲厕，白天放水次数多，晚间放水时间隔长，同时还具有手动控制放水功能。它的应用可大大减少公厕用水的浪费现象。

电路如图 13-78 所示，变压器 T、VD1 ~ VD4、VS、C1 组成 12V 供电电路，555 时基电路是控制的核心，它与周围元器件构成占空比可自动调整的脉冲信号振荡器。当电源接通时，C2 经 R1、VD5 充电，IC 的 2 脚为低电平，3 脚为高电平，电磁阀得电，放水。C2 充电时间为 10s，因而放水时间也为 10s 左右。C2 充电结束，3 脚为低电平，VTH 截止。此后 C2 经 VD6、RG、R2 和 IC 内部放电管放电。白天有光照，电阻 RG 阻值为 5kΩ，C2 放电时间为 15min；夜间无光照时，RG 为 5MΩ，C2 放电时间为 1h。放电结束，IC 的 3 脚又变为高电平，VTH 导通，YA 得电放水，这样周而复始，白天 15min 放水冲厕一次，晚上 1h 冲厕一次，从而达到节水的目的。

图中 S 为手控开关，用来手控放水冲厕。

IC 选用 NE555 时基电路，VTH 用 3A/600V 双向晶闸管，R2 选用 MG-43 型光敏电阻，亮阻为 5kΩ，暗阻为 5MΩ，其他元器件如图中所示。

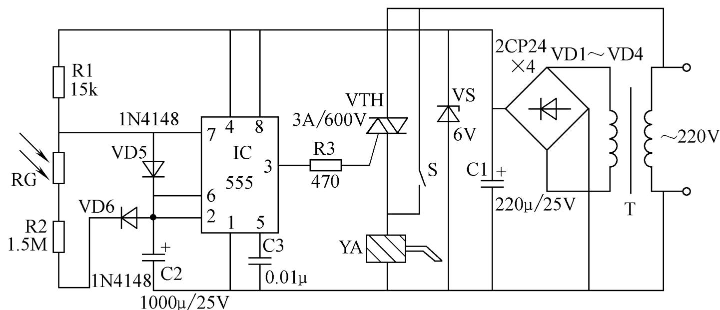


图 13-78　公厕自动冲水控制器

13.79　电子捕鱼器电路

该捕鱼器用 12V 蓄电池（俗称电瓶）供电，容量为 30Ah 的电池可使它连续工作 6 ~



8h。使用时，电路输出 20kV 以上的脉冲，脉冲功率大于 100W。将高压输出两电极相距 0.5～1m 放入水中，按动 SB 即可将一定范围内的鱼电晕，鱼被电伤后漂上水面，用手网捕捞。停一段时间鱼又会苏醒过来，成为活鱼。

电路原理如图 13-79 所示，CD4069 六反相器集成电路与 R2、RP、C 构成基本振荡电路，产生一定频率的脉冲信号，调整 RP 可调节输出脉冲的频率。VT1、VT2、VT3 直接耦合作为推动激励电路。四个大功率晶体管 VT4～VT7 并联使用，作为脉冲功率输出级，总工作电流为 3A 左右。自耦变压器 T 产生 20kV 以上的高压脉冲，脉冲功率为 100W 左右，经放电极 A、B 输出。稳压管 VS 为集成电路提供 6V 的工作电压。

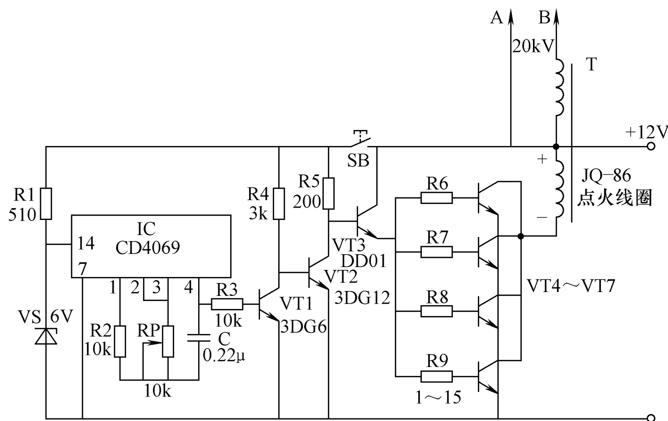


图 13-79　电子捕鱼器电路

制作时，IC 用 CD4069 六反相器，VS 为 6V 稳压管，VT1、VT2、VT3 的参数为 $V_{ceo}>$ 50V，$\beta>60$，VT4～VT7 的参数为 $V_{ceo}>150$V，当 $I_C=2.5$A 时，β 值基本相同。自耦变压器 T 用 JQ-86 型汽车高能电子点火器代用。调整 RP 使总电流为 3～4A。VT4～VT7 应加足够面积的散热片，高压输出线应采用绝缘良好的专用高压线。其他元器件的选择如图中所示。

使用时要注意自身安全，同时要注意保护水产资源。

13.80　水龙头自动洗手电路

该电路通过电磁阀自动控制自来水水龙头的出水，洗手时，手伸到水龙头的下方，水自动流出，手离开，水龙头自动停水。

电路如图 13-80 所示，220V 交流电经变压器 T，VD3～VD6 桥式整流，C9 滤波，IC2 稳压产生 +5V 直流电供给控制电路。VT1、VT2、R1、C1 组成 40kHz 振荡器，其输出驱动 VL1 发出 40kHz 的红外线。洗手时，VL1 发出的红外线经人手的反射，由光敏晶体管 VT3 接收，然后送往 IC1 处理。IC1 对 40kHz 的信号进行放大、滤波、检波、比较、整形等处理，由 7 脚输出低电平，经 R7、VD2 控制 VT4 由截止变为导通，固体继电器 TAC018 受触发而导通，电磁阀得电，水龙头出水。洗手完毕，人手离开水龙头，光敏晶体管 VT3 接收不到 VL1 发射的 40kHz 红外线光，IC1 的 7 脚输出高电平，VT4 截止，TAC018 截止，电磁阀失电，水龙头断水，完成一次洗手过程。

电路中VL1选用5GL红外线发射管，VT3选用3DU11光敏晶体管，IC1采用KA2184红外线接收处理专用集成电路，固体继电器选用TAC018，IC2采用7805三端稳压块，其他元器件如图中所示。

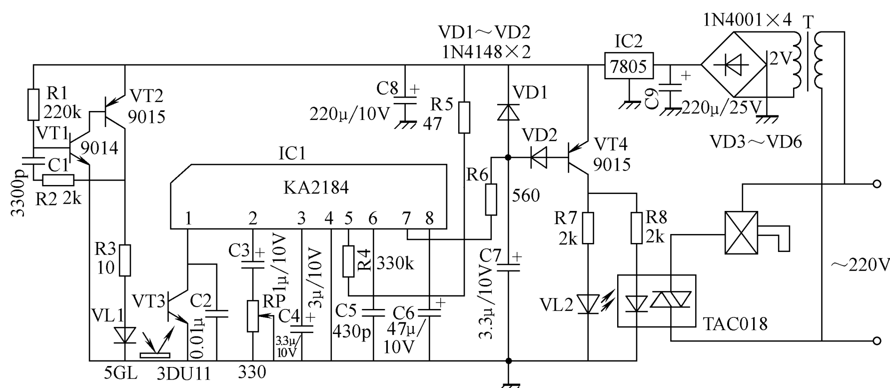


图13-80　水龙头自动洗手电路

13.81　大型充电电路

大型充电电路，可提供较高的充电电流，如图13-81所示。使用的元器件有：15A刀开关一台，（RL）螺旋熔断器（15A）2套，20A接触器一台，3kVA自耦调压器一台，3kV·A、220V/6V小型变压器一台，2CZ20A整流二极管4个，75mV/50A分流器一块，50A直流电流表一块，100V直流电压表一块，RL1-60A熔断器2套，30A熔丝2只。备齐主要元器件后，按电路原理图进行组装，注意内部连接点不得松动，整流二极管安装时要加装散热片，并将最终端正负极用接线架引出导线，用铁夹子接入蓄电池。整机可组装在一配电柜内，按钮以及调压器调节手柄装于面板上，以便操作。

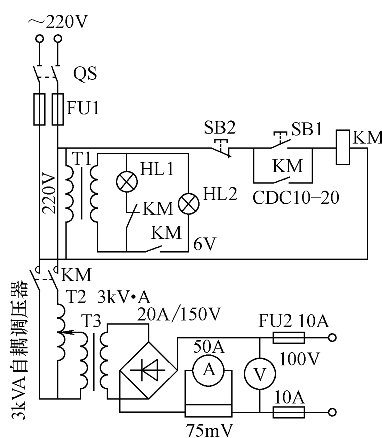


图13-81　大型充电电路

使用中的注意事项如下：

1）将装好的充电机接在220V交流电源上，另将引出端正负极与蓄电池正负极相对应连接。

2）在接通电源前，将调压器手柄调到0V位置，接通开关后，将调压器的电压调到与所充电的蓄电池的额定电压一致，并稍高一些，操作柜上的电压表指示不能超过72V，电流表指示最大不能超过30A。

3）该装置应放在空气干燥、通风良好、湿度适宜的环境中。在充电工作时，注意变压器和整流二极管的温度不得超过100℃。



13.82 电子蜡烛电路

该电子蜡烛很有趣，使用时你可以像用普通蜡烛一样，用火柴将它点燃，也可以模仿吹蜡烛，把电子蜡烛吹灭，再点燃它又亮起来。

如图 13-82 所示，小灯泡发光模仿蜡烛火焰，光敏晶体管 VT、微动开关均安装在小灯泡附近，用火柴点燃时，光照使光敏晶体管导通，晶闸管 VTH 得到触发而导通，灯泡 HL 亮，模拟蜡烛燃烧。吹气时，微动开关短暂断开，晶闸管阴阳极失去供电自关断，灯熄后，即使 S 再闭合，根据晶闸管的特性，VTH 也不会导通。当再一次用火柴点燃时，光敏晶体管再一次导通，VTH 导通，灯泡又亮。

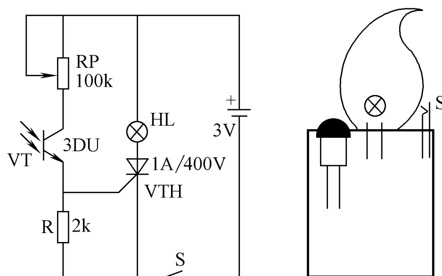


图 13-82　电子蜡烛电路

小灯泡的外罩做成蜡烛火焰的形状，微动开关用薄铜片制作，要求吹气能把两个触片吹开，光敏晶体管安装在灯座附近。

13.83 墙内导线探测电路

如图 13-83 所示是探测仪，墙内导线探测仪能够在墙壁表面精确地查找电线的位置、走向，电路简单实用。

TX 是感应片，在交流导线附近感应出交流信号，送至 N 型沟道结型场效应晶体管 VT1 的栅极。VT1 对交流信号有半波整流和放大作用，无信号时，VT1 的漏极输出高电平，VT2、VT3 均截止，VL 不发光。

在信号的负半周，使 VT1 的栅极相对于源极更负，所以 VT1 输出仍为高电平，VL 不发光；而在信号的正半周，VT1 输出低电平，VT2、VT3 导通，VL 发光。R2、R3 和 C 为 VT1 加偏压，提高检测的灵敏度。

13.84 摩托车电压调节器电路

摩托车的磁电机在发动机的带动下能够发电，发电机线圈在旋转磁铁的作用下，做切割磁力线运动，产生电压供给大灯和尾灯，并给蓄电池充电，以供车辆的其他电路使用。但是发电线圈产生的电压随着发动机转速的升高而升高，当发动机转速达到 3000 ~ 4000r/min，发电产生的电压已超过大灯、尾灯的额定电压，极易烧毁灯泡。电压调节器就是在磁电机输出的电压上升到一定程度时，将发电线圈对地短路，从而限制磁电机输出电压的上升，以保护车灯。电压调节器电路一般由硅整流块、触发系统和保护系统组成。

图 13-84 所示是国产摩托车普遍使用的一种电压调节器。Y、P 点接磁电机的发电线圈，R、G 点给大灯、尾灯和蓄电池供电。当摩托车起动时，B 点和 Y、P 点中的任意一点相接。

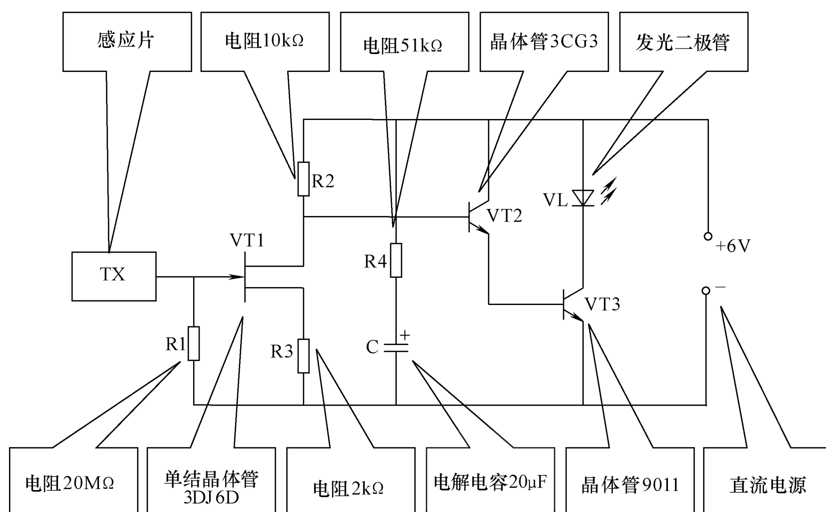


图 13-83　墙内导线探测电路

发动机达到一定转速时，B 点电压使稳压管 VS 击穿，晶体管 VT 得到偏置电流而导通，B 点电压经晶体管加于分压电阻 R1、R2、R3、R4 上，经它们分压后，触发晶闸管 VTH1、VTH2 导通，将 Y、P 点接地，旁路一部分电流，由于磁电机的输出功率有限，因而限制了输出电压的升高。

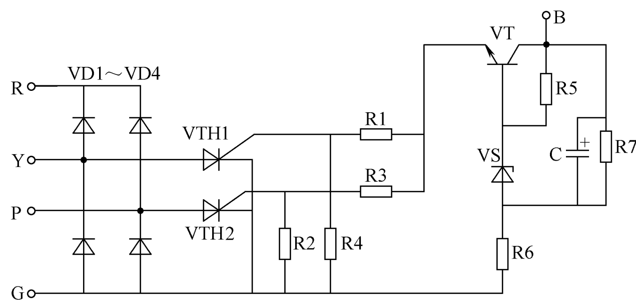


图 13-84　摩托车电压调节器电路

13.85　大直径 LED 指示灯电路

大直径 LED 目前已定型生产 ϕ7.6mm 和 ϕ10mm 两个规格的红、绿、变色及高度透明四个系列。它除与普通 LED 应用场合相同外，在由多只 LED 组成的电路中可减少 LED 的使用数目，还可组成大屏幕数字、图形显示屏。高亮度透明发光二极管是用来制作节能微光灯、袖珍手电筒的最好器件。大直径 LED 取代钨丝灯泡指示灯具有功耗低等优点。

大直径 LED 节能指示灯的电路如图 13-85 所示。该图是以 220V 交流供电时情况。电容 C1 起限流降压作用。C1 的容量由公式 $C=1/(2\pi \cdot f \cdot X_C)$求出，电容容抗 X_C 由 $X_C=u/i$ 求出，式中 f 为 50Hz 交流电频率，u 为 LED 所加交流工作电压，单位为 V，i 为 LED 工作电

流，单位为 A，C 的单位为 F。LED 信号指示灯，由稳压、整流、滤波电路组成，使 LED 指示灯不受电压波动影响及消除 25Hz 闪烁现象。稳压二极管击穿电压可选择 3～6V，工作电流大于 50mA 的 2CW 型稳压二极管。电容 C2 选用 100μF、25V 电解电容。电容应选用质量好、耐压高的。

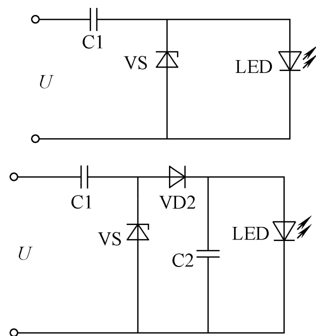


图 13-85　大直径 LED 指示灯电路

13.86　节电延时开关电路

图 13-86 表示简易的节电延时开关电路图。平时，电容 C 处于充足电的状态，其中无电流通过，因而单向晶闸管 VTH 门极无电流流过，VTH 不导通，电灯 EL 不亮。当按一下 SB 后，C 通过 R2 放电，然后松开 SB，则电流通过二极管 VD、电阻 R1、VTH 的门极再向 C 充电。由于充电过程是在 VTH 门极回路进行的，所以 VTH 导通，灯泡点亮，随着 C 的充电，VTH 门极电流逐渐减小，经过一段时间后，VTH 截止，灯泡熄灭，完成了一个延时过程。

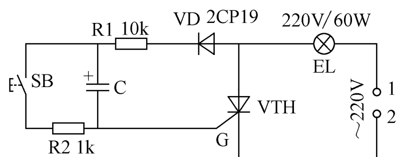


图 13-86　节电延时开关电路

元器件选择：C 对延时起着主要的作用，故选用 2～10μF/450V 的漏电极小的电容，漏电稍大会使其常亮，延时开关失效。VTH 是根据负载情况选择的，这里选用 1A/400V 的单向晶闸管。VD 选用最高反向工作电压高于 400V、工作电流≥100mA 的二极管。其他元器件如图所示，无特殊要求。如果不能关断，可以尝试在晶闸管的 G-K 极之间并联一个 200Ω 左右的电阻即可。

制作与调试：将所有元器件按图所示焊装在自制的印制板上，然后装入一绝缘盒里，按钮 SB 装在盒盖上。从盒子侧面引出两根导线 1、2，用于连接市电。

该开关调试时，主要是调节延时时间。由于延时时间的长短是由 R1、C 和 VTH 的参数决定的，所以对这些参数，除了选取适当值外，还应进行调整，使其得到不同的延时时间，最长可达 2min 左右。

该电路由于直接与市电连接，所以调试时要注意安全问题。

13.87　燃气电子点火器电路

该电路将 1.5V 干电池直流电压通过振荡器变成交流电压，再经升压、整流、超低频振荡器，脉冲升压变压器产生间隔约 0.5s 的 10kV 以上的脉冲电压。脉冲电压通过放电针放电，产生火花点燃燃气。

电路如图 13-87 所示，VT、R1 和变压器 T1 的一次绕组 L1、L2 构成电感三点式振荡电路，R1 是 VT 的基极偏置电阻。振荡产生的交流电压经 T1 升压，在 L3 上得到约 30V 的交流电压，经 VD1 整流后对 C2 充电，同时又经 R2 对 C1 充电；当 C1 上的电压大于双向触发二极管 VD2 的导通电压时，晶闸管 VTH 导通，C2 上的电荷迅速通过 VTH 及 T2 的一次绕组

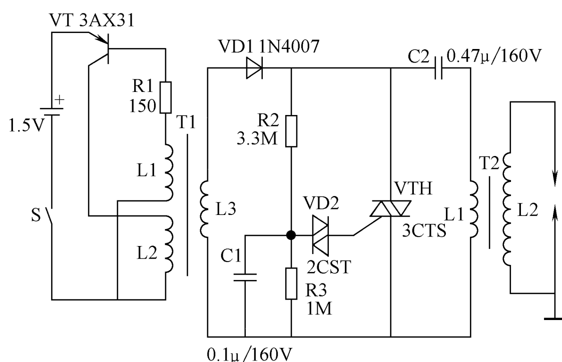


图 13-87　燃气电子点火器电路

L1 泄放，由于 L1 的自感作用其两端产生很高的脉冲，同时经 T2 的升压作用，L2 上感应出 10kV 以上的脉冲电压，此高压由放电针放电产生点火火花。

13.88　单次脉冲放电型电子点火器电路

该点火器结构简单，轻巧耐用，经济实用，维修方便。

电路如图 13-88 所示，平时 S 接于 1 点，C 与电池并联，并充满电荷，端电压与电池电压相同，使用时，S 接于 2 点，C 直接向 T 的一次绕组 L1 放电，由于 L1 的自感作用其两端产生大于电池电压的脉冲电压，经 T 升压，L2 两端感应出 12000V 的脉冲高压，再由放电针产生电火花。点火完毕 S 又接于 1 点，电压再一次对 C 充电，为下一次点火做准备。

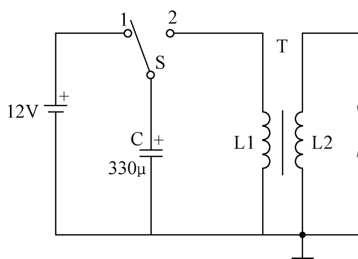


图 13-88　单次脉冲放电型电子点火器电路

电容选用 CD11，耐压为 16V，容量为 330μF，漏电流小于 10μA。变压器 T 一次绕组用 ϕ0. 5mm 漆包线绕 5. 5 圈，二次绕组用 ϕ0. 03mm 漆包线绕 5500 圈，铁心用 RP280 × 35 的 E 形高硅钢片。电池用 EL-12 型小型电池，标称电压为 12V，放电终止电压为 7. 2V。

13.89　用 TDA2822 改造分立元件音频放大电路

一些用变压器耦合的老式收音机，其音频放大电路修理起来很是麻烦，OTL 方式的音频放大电路调试时更麻烦。遇到这种情况倒不如舍弃原电路，用单片音频放大集成电路代替原分立元件低放电路，其性能优于原电路。

这里推荐 TDA2822 音频放大集成电路，它具有低电压、低功耗、低失真、输出功率大的特点。它的工作电压范围为 1. 8 ~ 15V，典型静态工作电流仅为 6mA，若接成 BTL 方式，在 3V 时输出功率达 250mW 以上，6V 时达 1W。同时它体积小，引脚少，外围元器件少，制作时若焊接巧妙可不用电路板，用搭焊的方式即可连接好电路。

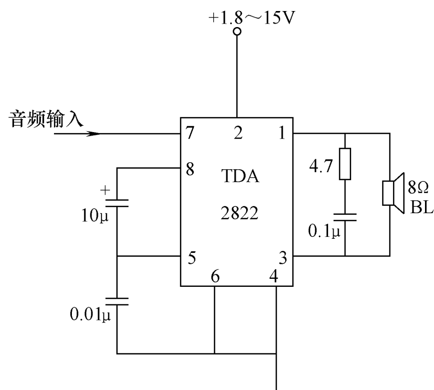


图 13-89 用 TDA2822 改造分立元件音频放大电路

TDA2822 音频放大电路如图 13-89 所示。

13.90 用按钮控制的大型发光记分牌

一般记分显示都是采用数码管与数字管，控制部分则采用较复杂的电子电路。而数码管与数字管字型小，不适应大型场合的数字显示要求。图 13-90 所示是一个用按钮控制、灯泡显示的大型发光记分牌。

图 13-90a 示出了数字 0～9 的显示方式，可见，每位数字分八段组成，其中 a、b、c、d、e、f、g 七段线条中，每个线条里面装有三只灯泡，h 段装有一只灯泡，灯泡外部加装模仿电子记分牌的透明外罩。

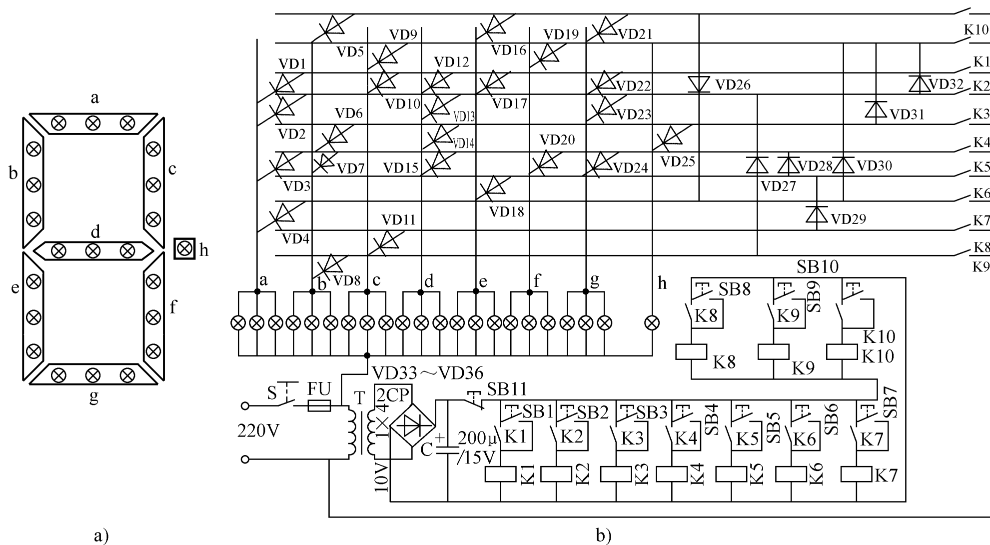


图 13-90 用按钮控制的大型发光记分牌

工作原理如图13-90b所示。下面举例说明：例如，需要显示“1”，那么“1”是由c、f段组成，操作时，按下按钮SB1，继电器K1得电吸合，松开SB1后，K1自锁触头使K1继续吸合。同时，继电器的常开触头K1也闭合，接通交流电源，使VD9、VD19导通，通过c、f段中灯泡形成回路。灯泡发光显示“1”字。如果需要显示“9”字，应先按下总的断电按钮SB11，使K1释放，然后再按下SB9按钮，K9接通电源，使VD8、VD27、VD23、VD13、VD2、VD32、VD19、VD9二极管导通，a、b、c、d、f、g段内灯泡发光，显示“9”字样。

此电路只画出一位显示数字情况，多位显示原理同上。继电器选用JRX-13F型，电压为12V；按钮采用微型按钮；灯泡根据显示环境要求选用15～60W；二极管VD1～VD32的电流参数要求应根据通过灯泡的电流大小来确定，耐压应大于300V。

13.91　玩具电子鸟电路

该电路能够发出类似鸟叫的“啾、啾”声。电路如图13-91所示，晶体管VT与变压器T的一次绕组L1及C1、C2、R1构成电感三点式音频振荡器，产生约1200Hz的音频信号，作鸟叫的基本音调。L3、R2、C4与晶体管VT又构成3～5Hz的间歇振荡器，以调制1200Hz的基本振荡，从而产生“啾啾”的断续鸟叫声。改变C4的容量，可以调整“啾啾”声的间隔时间，改变C1可调整鸟叫的基本音调。

制作时，变压器用晶体管收音机的输出变压器代用，L3用输入变压器的一次绕组代替，其他元器件无特殊要求。

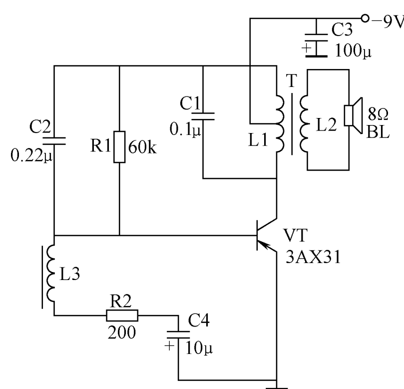


图13-91　玩具电子鸟电路

13.92　用μPC1651制作高性能FM话筒

μPC1651是日本NEC公司生产的高频放大集成电路，它具有噪声低、频带宽、工作稳定、性能优良等特点。这里用它构成振荡器，制作高性能的FM调频话筒，用普通调频收音机即可收到它发射的信号。

电路如图13-92所示，L用ϕ0.5mm漆包线在直径为5mm的骨架上绕5圈，脱胎成空心线圈，天线用50cm长的软导线，话筒用小型MIC话筒。调整L的匝数、匝距可改变输出频率。

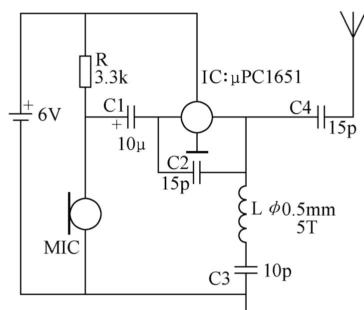


图13-92　用μPC1651制作高性能FM话筒

13.93 三端稳压器的并联扩流电路

单片 78 系列的三端稳压器最大输出电流只有 1.5A 左右，在要求大电流稳压输出的场合，比较简单的方法就是多片三端稳压 IC 并联使用，即它们的对应引脚直接相连。这在一些要求不高的场合也是一种简单可行的方法，比如用两片代替电视机稳压电路。在一些要求较高的场合就要考虑多片直接并联存在的环流问题，产生环流的原因是稳压 IC 生产过程中的微小差异，其标称参数存在不同程度的误差。解决这个问题的方法是在每片 IC 输出端接一均流电阻再并联，总输出端对地再接一只 100kΩ 左右的电阻。均流电阻取 0.5Ω 左右，功率要视具体的电路要求来定，电路如图 13-93 所示。

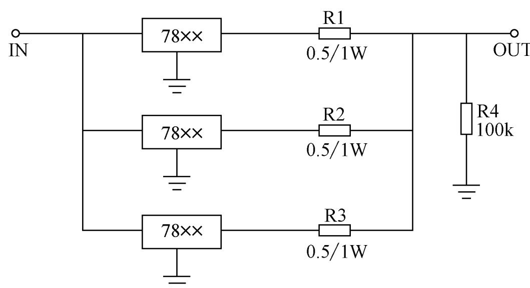


图 13-93　三端稳压器的并联扩流电路

13.94 电子鸟电路

如图 13-94 所示，晶体管 VT、变压器 T、电阻 R1 及压电陶瓷片 HTD 组成电感三点式振荡器，产生电子鸟基调信号，电容 C、电阻 R1、VT、变压器 T 又构成间歇振荡器，对基调信号进行调制，使 HTD 发出间歇性的电子鸟叫声。HTD 既作振荡元件又作发声元件。

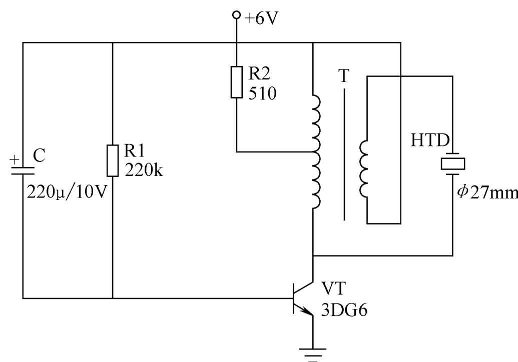


图 13-94　电子鸟电路

制作时，变压器用晶体管收音机音频输出变压器，VT 用 3DG6、9014 等 NPN 型晶体管，HTD 用 ϕ27mm 压电陶瓷片，R1 用 220kΩ 电阻，R2 用 510Ω 电阻，C 用 220μF/10V 电解电容。HTD 应加上适当的助声腔。改变 C、R1 的值可调节鸟叫的基调频率及间歇时间。

13.95 双镀膜蜂鸣器电路

电路如图 13-95 所示，压电陶瓷片 HTD 在这里既作发声元件，将电信号转化为声波信号，同时又作振荡元件，与晶体管 VT 构成三点式振荡电路。电路中 R1 是 VT 的集电极负载电阻，R2 是 VT 的基极偏置电阻，R3 为振荡反馈电阻。HTD 为 ϕ27mm 的普通压电陶瓷片，制作时要用刻刀按图中的样式将陶瓷部分刻成两部分。A、B 即为双镀膜陶瓷片，与电路中的 A、B 相对应，C 为金属基板。按图中所示焊接引线 A、B、C，焊接时要快，焊点要小。蜂鸣器使用时要给 HTD 配上助声腔，以增大音量。

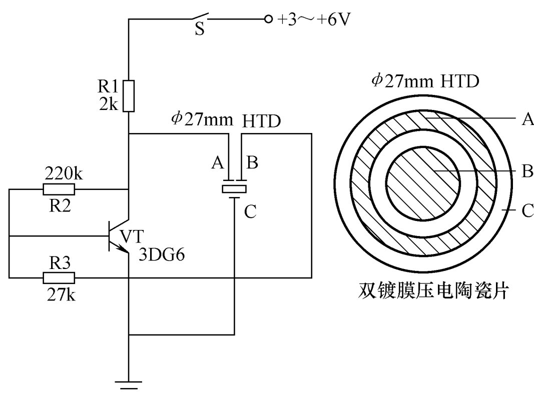


图 13-95 双镀膜蜂鸣器电路

13.96 速印机控制电路

速印机控制电路原理如图 13-96 所示。该机采用 200V/50W 直流并励式电动机作动力驱动，电源直接采用交流 220V，经 VD1 ~ VD4 桥式整流得到直流电。通过调节晶闸管 VTH 的导通角，进而控制输入电动机 M 转子的直流脉动电流的大小，从而调节电动机转速控制印刷速度。C1、RP、VD7 和电动机转子绕组为充电回路，调节 RP 的阻值可改变充电时间常数，配合触发二极管 VD9，可改变 VTH 的导通角。VD5、VD6、VD7、VD8 为电路元器件保护二极管，防止电动机转子电刷火花和定子线圈断电时的自感电压对其他元器件的损害。

电路中，VTH 可用 3A/600V 单向晶闸管，整流及保护二极管均用 1N4007，C1 用 0.15μF/160V 电容，C2 用 0.33μF/400V 电容，R1、R2 取 1.5kΩ，RP 用 100kΩ 带开关电位器，VD9 用 DB3 双向触发二极管，也可用 20V 左右的稳压管代替。

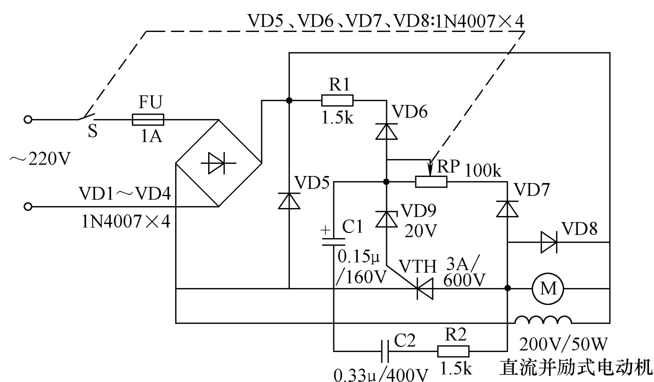


图 13-96 速印机控制电路

13.97 车用电热式闪光器电路

图 13-97 所示为车用电热式闪光器电路，其中 A 部分为车内供电电路，B 部为电热式闪光器电路，C 部分为蜂鸣警示电路。电热式闪光器是根据双金属片热胀冷缩的原理工作的，在它的内部，电阻丝 R1 绕在双金属片开关 S3 的动片上，转向时 S1（车辆钥匙总开关）、S2（左或右转向开关）接通，电阻丝 R1 发热，双金属片变形，开关 S3 闭合，转向灯亮。S3 的闭合导致电热丝 R1 断电，双金属片降温冷却，最后开关 S3 断开，灯熄灭。接下来 S3 断开，R1 又得电发热，双金属片又变形，S3 断开，灯亮。这样周而复始，转向灯在闪烁状态。

在 S3 断开时，蜂鸣器得电发声，S3 闭合时，失电无声，随着闪光灯的闪烁，蜂鸣器发出断续的警示蜂鸣声。

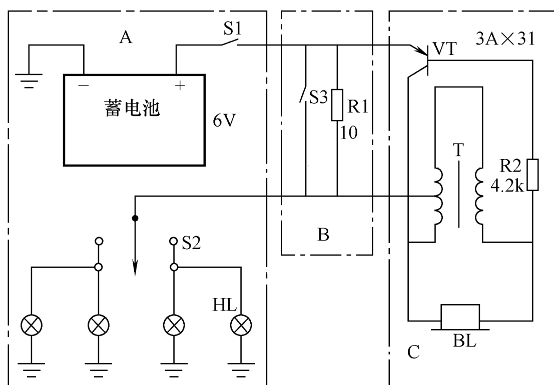


图 13-97 车用电热式闪光器电路

第 14 章 小家电电器电路

14.1 用 D2283 构成的 BTL 音频放大电路

D2283 是一种专为小功率音响产品而设计的音频放大器，它具有电压范围宽、静态电流小、输出功率大、失真系数低等特点。这里给出的电路是用它构成 BTL 电路，在同样的电源电压下，它比 OTL 电路输出更大的功率。

电路如图 14-1 所示，其中 C2 是防自激电容，可适当调整。

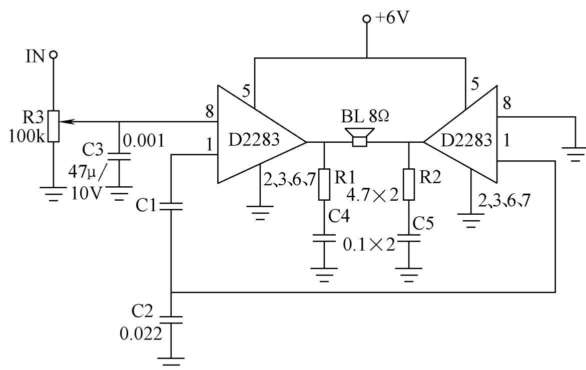


图 14-1　用 D2283 构成的 BTL 音频放大电路

14.2 “流水”扬声器电路

音响系统中，环绕立体声的产生方法有多种多样。这里给出的方法自有另一番情趣，有兴趣的朋友不妨一试。

控制电路如图 14-2 所示，分布在空间的五只扬声器依次轮流接通，一会儿左，一会儿右，一会儿上，一会儿下，声源转来转去，给人以极强的环绕流水效果。电路中，单结晶体管 VU 构成脉冲振荡电路，IC 对振荡脉冲计数，在振荡脉冲的作用下，其输出端 Q0 ~ Q9 依次轮流输出高电平，在 Q0 与 Q1 为高电平期间，VT1 导通，继电器 K1 吸合，扬声器 BL1 接通发声，在 Q2、Q3 为高电平期间，扬声器 BL2 发声，依次类推，Q4、Q5 对应 BL3，Q6、Q7 对应 BL4，Q8、Q9 对应 BL5，在 IC 的控制下，五只扬声器被依次接通，由于声源的空间方位及发声的先后不同，因而给人以逼真的环绕效果。VU 发射结上并联的电容器 C1，可

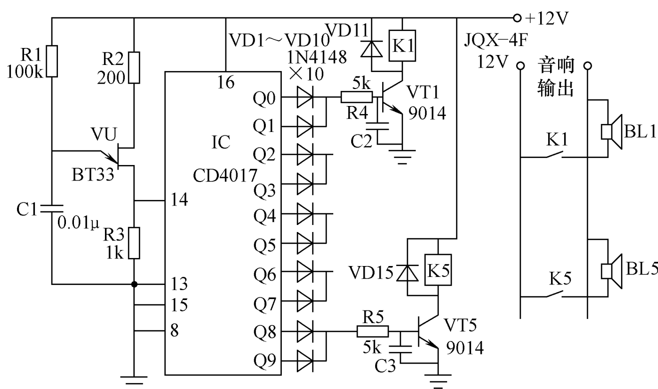


图 14-2 “流水”扬声器电路

以使相邻扬声器的声音得到平滑过渡，不至于产生断音，其容量由实验确定。由于扬声器不是同时发声，因而可将 BL1、BL2 接到音响设备的左声道，BL3、BL4、BL5 接到右声道。

元器件型号参数如图所示，调整 C1 的容量可改变“流水”的速度。

14.3 扩音机啸叫抑制电路

扩音机在使用时，啸叫现象一直是个令人头痛的问题，一般的措施是降低扩音机音量，调整音调，改变话筒、音箱的指向等方式来降低或消除啸叫，其效果往往不很理想。这里给出的方法能很好地解决扩音机啸叫问题。

首先选择有两路话筒输入的扩音机，或者 VCD 机，或者卡拉 OK 机。使用时要求两路同时插入相同型号的话筒，电平调整尽量一致。选购的两支话筒要进行简单的改造，对于驻极体电容依照图 14-3a、b 调整接线，使其中的一支为源极输出方式，另一支为漏极输出方式。对于动圈式话筒依照图 d 将其中一支话筒头部的网状话筒罩轻轻旋开，小心将振膜线圈对调焊接，改变其相位输出，照原样旋入话筒罩即可。

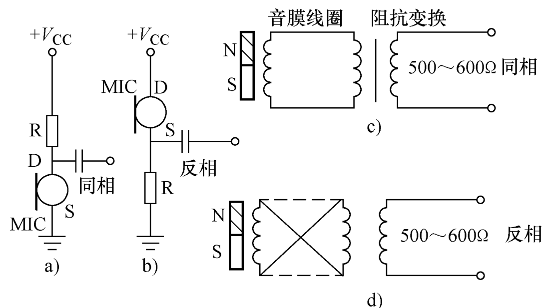


图 14-3 扩音机啸叫抑制电路

使用时两支反相话筒同时插在扩音机上，讲话时主要由一支话筒采声，扩音后，扬声器的反馈声被两支同性能的反相话筒同时采集，反相信号在扩音机内相互抵消，从而避免了声波信号的反复反馈，啸叫现象得到了很好的抑制。

14.4 高性能电火锅调整输出功率电路

该电路以新型调功集成电路 LC906 为核心，具有可调挡位多、指示明显、电路简单、工作稳定可靠等特点。

LC906 能够将 50Hz 市电分频，然后对占空比切割，进而控制双向晶闸管的导通角，实现对交流电压的调整，以达到调节负载功耗的目的。

由 LC906 构成的电火锅调功电路如图 14-4 所示，其中 C1、VS、VD、C2 构成 6V 直流电源电路，为 LC906 提供供电电压。50Hz 交流电经电阻 R5 限流，作为 LC906 的基准同步信号。C3 起抗干扰作用。按动 SB，LC906 的 4 脚依次输出 5 挡控制信号，从而控制晶闸管按不同的导通角导通，实现对加热元件 Rf 的调压控温。同时 VL1、VL2、VL3 按不同的组合显示相应的挡位变化。

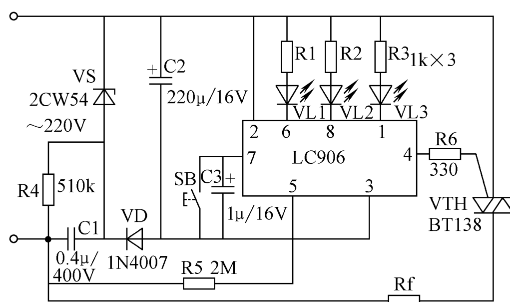


图 14-4 高性能电火锅调整输出功率电路

集成电路采用 LC906 型专用调功集成电路。VTH 选用 BT138（12A、600V）、BR12AM12（12A、600V）或 BTA12-600V 型双向晶闸管，其他元器件如图中所示。

14.5 微波炉磁控管供电电路

磁控管是微波炉的心脏，它本身是一个真空电子振荡器，依靠特殊的振荡产生 2450MHz 的微波，此微波使食品内部温度升高，进而达到加热的目的。这里给出磁控管的参数及供电电路，以便学习和维修时参考。ZM216 型磁控管是由日本东芝公司生产，其输出功率为 500W，灯丝电压为 3.35V，灯丝电流为 10A，阳极电压为 3.7kV，阳极电流为 200mA，3.35V 磁控管寿命≥1000h。

供电电路如图 14-5 所示，电源变压器将交流 220V 升压为 1840V 交流高压电，次级灯丝线圈输出加热磁控管灯丝的 3.35V 交流电。1840V 的交流电经二极管 VD、电容 C 及磁控管组成的倍压整流，在磁控管的阴极产生 −3680V直流电，使磁控管振荡，产生 2450MHz 微波。

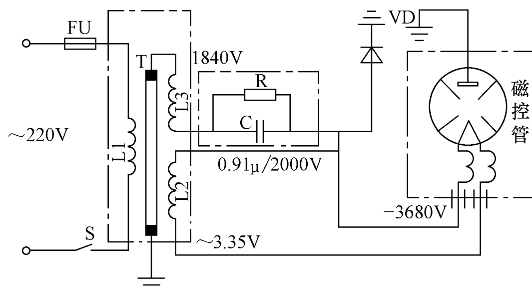


图 14-5 微波炉磁控管供电电路



电路中的元器件均系特殊的元器件，不可轻易用其他元器件代用，维修时应选用同型号产品。

14.6 双开关自动保温式电饭锅控制电路

图 14-6 所示为双开关自动保温式电饭锅控制电路。各开关的作用如下：S1：煮饭开始开关；S2：限温器，即磁性温控元件，动作温度为 103℃ ±2℃；S3：保温开关；S4：恒温器，即双金属温控元件，调定为 65℃ ±5℃。

煮饭时，先按下 S1 接通电源，指示灯亮，发热元件通过 S1、S2 得电，发热升温，当温度上升到 103℃时，S2 动作切断电源，煮饭操作终止。如需保温，则在开始煮饭时将 S1、S3 同时按下，当温度上升到 65℃时，S4 触头自动跳开，但电路由 S1、S2 维持导通，当温度升至 103℃时，S2 动作切断电源。此后，当锅内的温度下降到 65℃时，S4 触头又闭合继续通电加热。当温度超过 65℃时它又断开电路。如此交替通断，以达到保温目的。

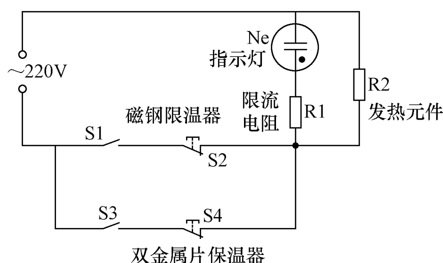


图 14-6　双开关自动保温式电饭锅控制电路

14.7 单开关自动保温式电饭锅控制电路

图 14-7 所示为单按键开关自动保温电饭锅控制电路，其工作原理如下：插上电源插头，双金属片保温器开关 S1 接通，指示灯 Ne 亮，发热元件 R1 得电，发热升温。按下电饭锅机械按键，与此联动的磁钢限温器开关 S2 接通，R1 继续发热升温，开始煮饭，当饭煮熟后，磁钢限温器动作把电路切断，此后电饭锅处于 S1 控制的自动保温状态，温度降低，双金属片组成的恒温器开关 S1 接通，加热元件 R1 得电加热，温度升高到一定程度，S1 又因受热触头断开，切断 R1 的供电，停止加热，如此反复使电饭锅处于保温状态。

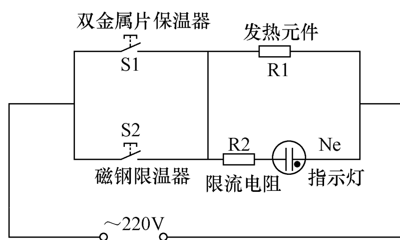


图 14-7　单开关自动保温式电饭锅控制电路

第15章 防盗与报警电路

15.1 激光探测防盗报警电路

激光探测防盗报警电路可用于农林、果园、瓜菜田地、鱼塘等场所的防盗报警，如图15-1所示。激光探测防盗报警电路由电源电路、激光监控电路和声音报警电路组成。

电源电路由降压电容C1、泄放电阻R1、整流二极管VD1～VD4、滤波电容C2、限流电阻R4和稳压二极管VS组成。

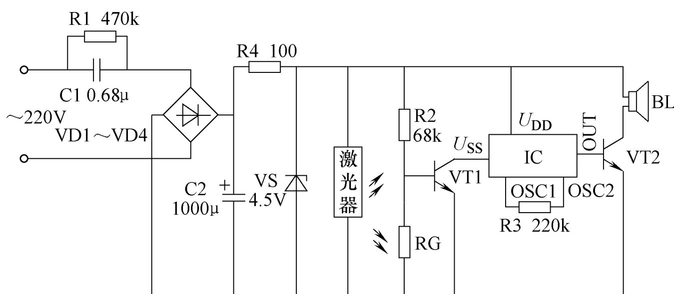


图15-1 激光探测防盗报警电路

激光监控电路由激光器、光敏电阻RG、电阻R2和晶体管VT1组成。

声音报警电路由报警音效集成电路IC、电阻R3、晶体管VT2和扬声器BL组成。

交流220V电压经C1降压、VD1～VD4整流、C2滤波、R4限流及VS稳压后，一路为激光器提供+4.5V的工作电压，另一路供给声音报警电路。

平时，RG受激光器发射的激光照射而呈低阻状态，VT1因基极为低电位而截止，IC不工作，BL不发声。

当有人或物体进入警戒区域遮断激光通路时，RG变为高阻状态，其两端电压降增大，使VT1饱和导通，IC通电工作后输出的音效电信号经VT2放大后，驱动BL发出报警声（警笛声）。

若嫌报警声太小，可增加一组功放电路或使用TWH系列高响度报警器和升压功放模块。若警戒距离较远，可将激光器与激光接收报警电路分开单独供电。

电路中的RG用MG45系列光敏电阻；C1选用耐压500V以上涤纶电容；C2选用耐压25V铝电解电容；VD1～VD4均可选用1N4007硅整流二极管；VS选用1W、4.5V的硅稳压二极管，如2CW21A或1N4732等；VT1选用S9013或3DG6；VT2选用8050或3DG8050；IC选用KD9561报警模拟音效集成电路；激光器选用4.5V玩具激光枪；BL选用0.25W、8Ω的扬声器。



15.2 中小型变压器高压侧断相报警电路

对于320kVA及以下的电力变压器，高压侧一般采用负荷开关或跌开式熔断器。如果高压侧断相，必将造成故障。

中小型变压器高压侧断相报警电路能及时发现断相，电路如图15-2所示。

当高压熔丝良好时，三相低压平衡，三相电容C在A点形成中性点，电压基本上为零，信号灯HL不亮，电铃HA不响。当高压一相或两相熔丝熔断时，A点对地产生电压，HL与HA便会发出声光报警信号。

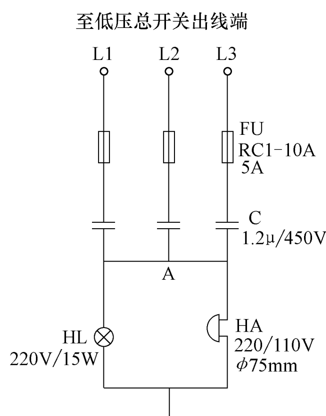


图15-2 中小型变压器高压侧断相报警电路

15.3 变压器超温报警器电路

变压器超温报警器电路如图15-3所示，它是将电流互感器TA1、TA2接于变压器二次侧某两相线上，正温度系数热敏电阻RT浸没在变压器油中。TA1、TA2感应出的交流电压经VD1整流和R1、C1滤波后，在A点具有一定的电位。当油温升高后，RT的阻值也增大，使运算放大器的3脚电位大于2脚电位，在其6脚输出高电位，使VT1、VT2与C2、BL组成的音频振荡器工作，于是扬声器BL和发光二极管VL便发出了声光报警信号。

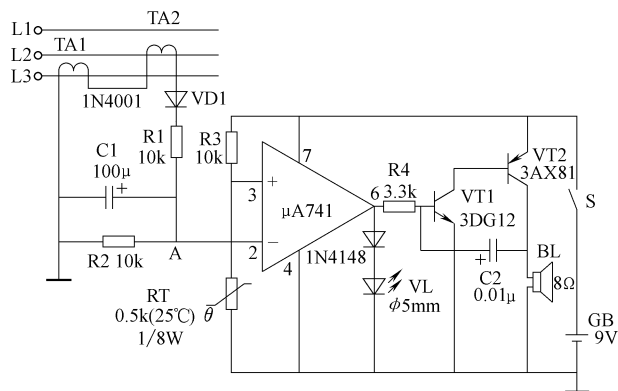


图15-3 变压器超温报警器电路

15.4 简单的电子报警电路

图15-4所示电路可组成一个最简单的报警电路，图中在晶体管的基极和发射极之间接入一段直径为0.1~0.2mm的铜导线（或漆包线），沿着被保护的物品的边沿拉起来。这条保护线电阻不大，因此，可以认为晶体管的基极和发射极是直接相连的。当保护线未断开

时，晶体管截止，接在晶体管集电极的小型继电器 KA 不会动作。当保护线拉断时，则晶体管导通，继电器 KA 吸合，由继电器触头接通的信号装置如电铃、电笛、信号灯等（图中未画），立即发出警报。

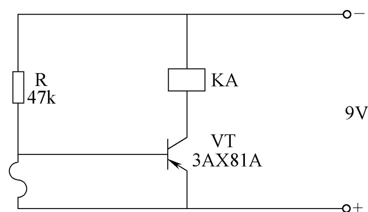


图 15-4　简单的电子报警电路

15.5　电工常用警语牌电路

电工常用警语牌电路是用 HFC5215 语音集成电路制作的电工常用警语牌，HFC5215 内部共存储了五句电工警语：“止步”、“禁止攀登”、“高压危险”、“止步，高压危险”、“禁止攀登，高压危险”。按图 15-5 接好手控开关 SA1～SA5，一个开关控制一句话，每触发一次，播放两次。

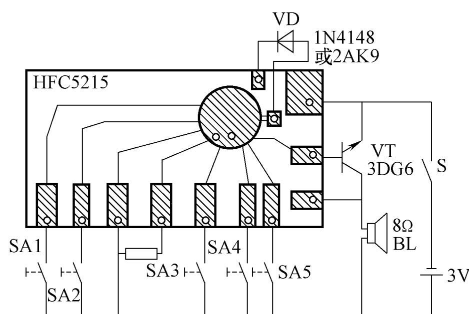


图 15-5　电工常用警语牌电路

15.6　夜间作业闪光标志灯电路

夜间作业闪光标志灯电路如图 15-6 所示。C1、VD、C2 和稳压二极管 VS 等组成电容降压、半波整流、滤波、稳压电路。555 时基电路及光敏晶体管 VTL 等构成光控振荡器。白天光照强度较大，VTL 的集电极与发射极间呈现的阻值很小，555 时基电路内部放电管放电，所以电路不振荡，其输出端 3 脚为低电平，双向晶闸管 VTH 关断，警告灯 HL 不亮。入夜，光照强度弱，VTL 的阻值增大，555 时基电路的 4 脚电压也升高，555 时基电路振荡，555 时基电路的 3 脚输出振荡频率，触发 VTH 使 HL 一闪一闪的。改变 RP 的阻值，即可改变灯光的闪烁频率。

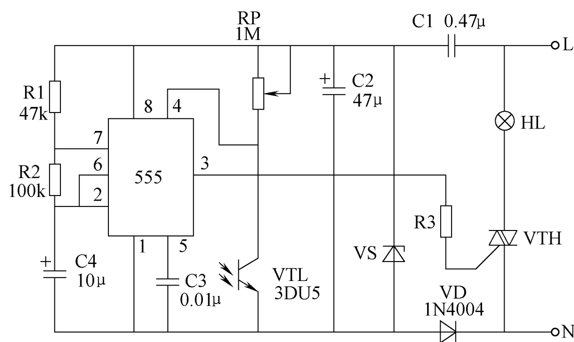


图 15-6　夜间作业闪光标志灯电路

15.7　给门铃增加防盗报警功能电路

给门铃增加防盗报警功能电路如图 15-7 所示。门铃平时可照常使用，点画线右边为电子门铃原有电路，左边为新增断线式防盗报警电路。其中：X1、X2 为接线柱，L 是缠绕在防盗物上的细漆包线，一旦人为把导线弄断，门铃即能报警。

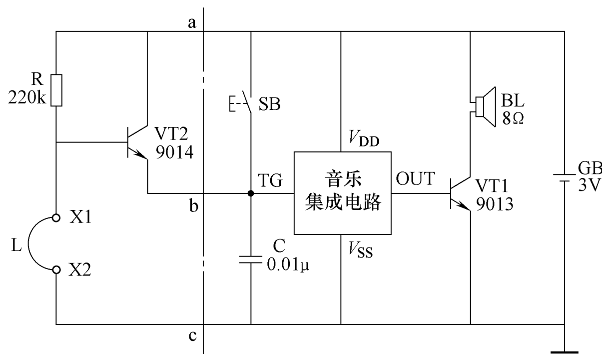


图 15-7　给门铃增加防盗报警功能电路

平时，晶体管 VT2 的发射结被细导线 L 短路，VT2 处于截止状态，与其发射极相连的音乐集成电路的触发端 TG 无高电平或正脉冲触发信号，故音乐集成电路不工作，VT1 截止，扬声器 BL 无声。一旦有人翻动家物时，紧缠的细防盗报警线 L 就会被扯断，VT2 由电阻 R 获得偏流而导通，音乐集成电路的 TG 端通过导通的 VT2 获得高电平触发信号，音乐集成电路受触发工作，其 OUT 端反复输出存储的音乐电信号，即可通知主人，有盗贼行窃。

15.8　电力电缆防盗割报警电路

图 15-8 所示是利用电缆中一对暂时不用的空线，将它连在一起，始端接报警器的输入端 MN。正常情况下，由于 VTH 的门极经空线接地，所以 VTH 无触发电而阻断，语音报警电路不工作。一旦电力电缆线被割断，VTH 便会导通，发出报警信号。

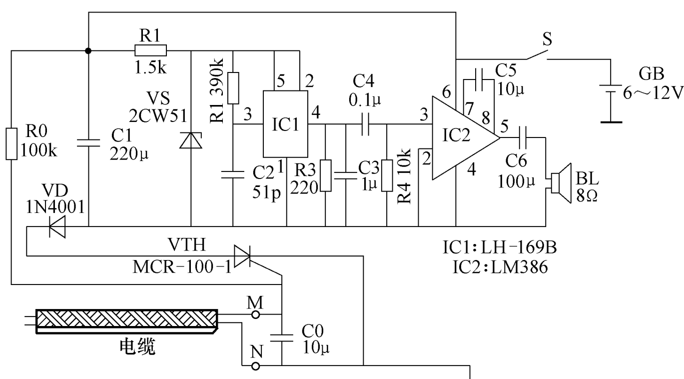


图 15-8　电力电缆防盗割报警电路

15.9　交流电动机防盗报警电路

图 15-9 所示为交流电动机防盗报警电路。当刀开关合在“1”的位置时，三相电动机正常运转；扳到“2”的位置处于警戒状态，此时合上直流电源开关 S。当有人在无看管时行窃，只要他拆开三相电动机三根引线中的任意两根，都将使得 VT1 或 VT2 进入饱和状态，电源则通过饱和晶体管为 VTH 提供触发电流，使单向晶闸管导通，触发语音集成电路 IC 工作，从扬声器中发出一阵阵的警报。

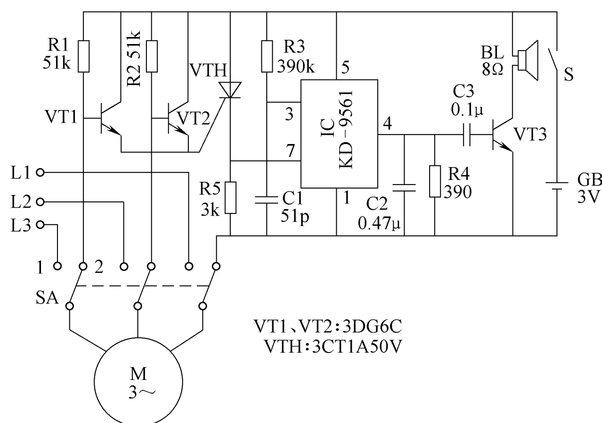


图 15-9　交流电动机防盗报警电路

15.10　漏电报警插座电路

漏电报警插座电路如图 15-10 所示，当三孔插座的设备漏电时，泄漏电流从电源相线流经电器外壳达到插座地线端，再经报警器回到电源中性线构成回路，经 R1 降压、二极管 VD 整流后的脉冲电流使报警器发出声音警报。

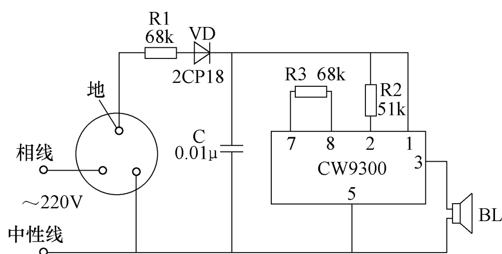


图 15-10　漏电报警插座电路

15.11　交流电网停电、复电两用声响电路

交流电网停电、复电两用声响电路如图 15-11 所示，市电经降压、整流等，使绿色发光管 VL1 发光，同时使继电器 K 通电，其触头 K（1－3）接通，若这时开关 S 处在“1”位置，由晶体管 VT1、VT2 等组成的多谐振荡器不工作。当供电电路停电时，K 释放，其触头 K（1－3）断开，触头 K（1－2）接通，VT1、VT2 组成的振荡器得电振荡，推动扬声器 BL 发出“嘟嘟…”响声，同时红色发光管 VL2 发光指示断电。这时把开关 S 扳到“2”位置，就成为来电声响器，当供电电路来电时，继电器 K 得电吸合，红、绿两发光管同时发光，扬声器发出声音警报。

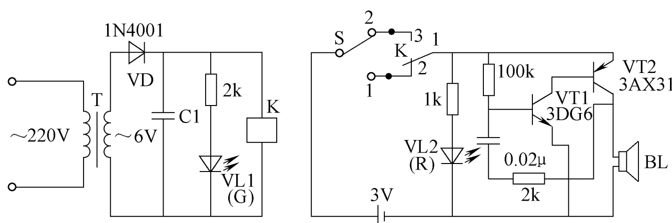


图 15-11　交流电网停电、复电两用声响电路

15.12　远距离潜水电泵防盗报警器电路

远距离潜水电泵防盗报警器电路如图 15-12 所示。合上电源开关，在不起动潜水电泵 M 时，变压器 T 通电工作。其二次电流经过接触器 KM 常闭触头 KM-2、按钮 ST 的常闭触头与 M 的绕组形成电路，使继电器 K 得电吸合，其常闭触头断开电铃 HA 电路。当潜水电泵被盗或因其他原因断线时，K 的电路被切断，于是 HA 便发出声音。工作时不会发出电铃声。按下 ST 后，其常闭触头切断 K 的电路，KM 得电吸合并自锁，KM-2、KM-1 同时切断 K 和 HA 电路。

当按下停止按钮 SP 时，KM 释放，其常闭触头复位，防盗报警电路又回到了警戒状态。

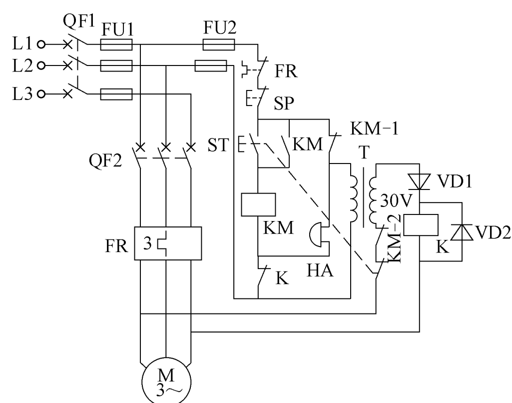


图 15-12　远距离潜水电泵防盗报警器电路

第 16 章 电工常用信号指示电路

16.1 用一个变色发光二极管作机床电气运行、停止、过载指示电路

用一个变色发光二极管作机床电气运行、停止、过载指示电路如图 16-1 所示。工作原理是：在机床停止运行时，因交流接触器 KM 的常闭辅助触头闭合，6.3V 电源通过降压电阻 R1、保护二极管 VD 使红色发光二极管发光，作停止指示兼作电源指示；机床运行时，KM 动作吸合、自锁，其常闭辅助触头断开，红色发光二极管熄灭，常开辅助触头闭合，6.3V 电源通过降压电阻 R2 和 VD 使绿色发光二极管发光，作运行指示；在机床过载时，热继电器 FR 触头断开，切断了 KM 的线圈电路电源，使其断电释放，常开辅助触头断开，绿色发光二极管熄灭，常闭辅助触头闭合，红色发光二极管点燃发光；与此同时，FR 常开触头闭合，接通了绿色发光二极管回路，使红色和绿色发光二极管均发光，呈现橙色光，作机床过载时故障信号指示。常用的双色发光二极管有 2EF 系列和 BT 系列，常用的三色发光二极管有 2EF302、2EF312、2EF322 等型号。

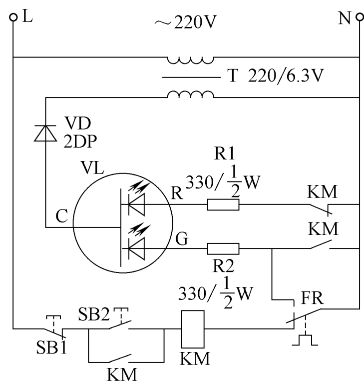


图 16-1 用一个变色发光二极管作机床电气运行、停止、过载指示电路

16.2 彩色三相指示灯电路

一般在一些重要配电设施上，例如行车滑车线上都要设置电源三相指示灯，以提醒人们注意有电。三相指示灯可采用彩色（红、绿、黄）白炽灯作为指示灯。为节约用电，延长白炽灯使用寿命，可按图 16-2a 或图 16-2b 所示串联三个整流二极管。

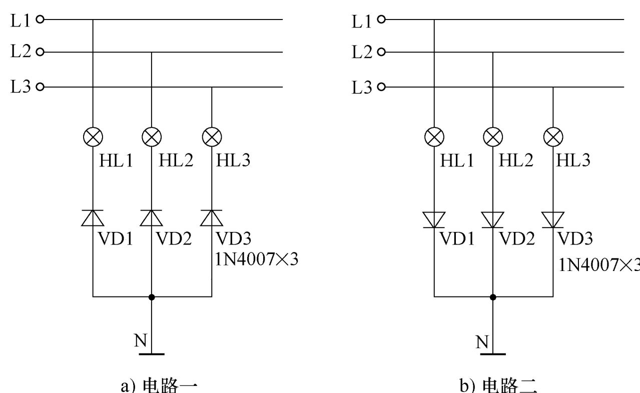


图 16-2　三相指示灯电路

16.3　白炽灯闪烁发光电路

白炽灯闪烁发光电路如图 16-3 所示。当接通 220V 电源时，继电器 K 的常闭触头仍处于常闭状态，白炽灯 HL 点亮。此时电源经 VD1 ~ VD4 作桥式整流，对电容 C 充电，C 和 K 线圈上的电压逐渐上升。当 C 两端的电压上升到继电器吸合电压时，K 动作，其常闭触头断开，HL 熄灭。但由于 C 两端有较高的储存电压为 K 线圈提供吸合电能，所以 K 维持吸合。待 C 两端的电压低于 K 线圈维持电压时，K 释放，其常闭触头恢复闭合状态，HL 又被点亮。就这样，HL 周而复始地点亮、熄灭，形成闪烁发光的状态。K 取用 JZ7-44 线圈电压为 220V 的中间继电器。S 为手动开关，起着电源开关的作用。

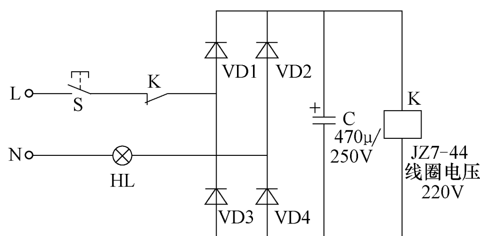


图 16-3　白炽灯闪烁发光电路

16.4　三路互备自投供电装置指示灯电路

在一些重要的用电场所，用电设备不允许中断供电，否则将造成很大的损失，通常装几路供电电路，相互备用。三路互备自投供电装置指示灯电路如图 16-4 所示。

电路是利用交流接触器在故障断电时，把备用电源自动依次切换的。使用时，先随意启用任何一路电源，如电源 1#，手动闭合断路器 QF1，KM1 自动合上，其主触头动作，为用电设备提供电源；与此同时，KM1 辅助触头闭合，接通了指示灯 HL1 的电源，HL1 点亮，表示电源 1#开始正常工作。KM1 的另两对常闭辅助触头断开，切断了电源 2#、电源 3#的交流接触器 KM2、KM3 线圈的电源，从而确保了只有电源 1#能正常供电。为了防止电源 1#出现故障，此时可以同时合上断路器 QF2、QF3。一旦电源 1#有故障不能供电时，KM1 自动跳

开，其触头恢复常闭状态，则有可能是 KM2 或 KM3 自动投入运行，指示灯 HL1 熄灭，HL2 或 HL3 则会自动点亮。

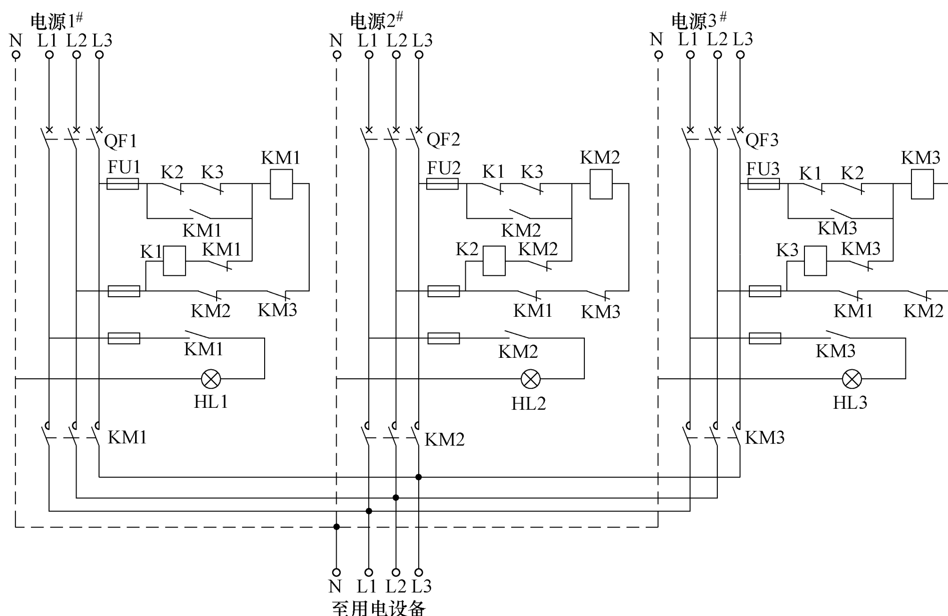


图 16-4 三路互备自投供电装置指示灯电路

16.5 潜水电泵断相监测灯电路

若运行中的潜水电泵缺水，会造成电动机过热烧毁。图 16-5 所示是一种潜水电泵断相监测灯电路，能在某相断电时使相应的指示灯自动熄灭，从而起到监护作用，提示电工人员停电检修，避免绕组烧毁事故的发生。

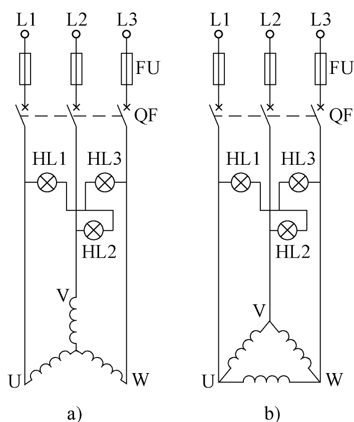


图 16-5 潜水电泵断相监测灯电路

16.6 无功补偿并联电容放电指示灯电路

无功补偿并联电容可起到减少无功损耗作用。无功补偿并联电容放电指示灯电路如图16-6所示，白炽灯不仅起着电容器组C的放电电阻作用，而且还起着指示灯作用。在断开电源的瞬间，电容器组上的残留电压初始值为电容器组的额定电压值。为延长灯泡的寿命，一般选择功率相等的两个灯泡串联后，再接成Y或△直接并联在电容器组上。选用多大功率的灯泡，要取决于电容器组的容量。在放电过程中，开始灯泡很亮，然后逐渐变暗，如果灯泡完全熄灭，即告电容器组放电结束。

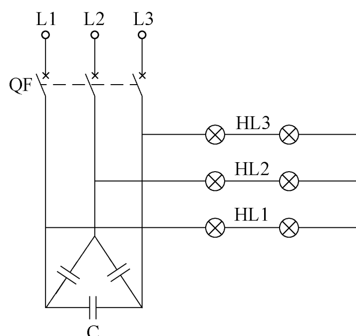


图16-6　无功补偿并联电容放电指示灯电路

16.7 简易绝缘检测器电路

图16-7所示为简易绝缘检测器电路，X1、X2为红、黑表笔。监视电动机绕组对地绝缘的接线方法如图16-7所示。合上隔离开关QF，在相电压作用下，整个绕组和接地外壳之间的泄漏电流流过绝缘层和电阻R1、R2。如果绝缘电阻合乎标准（即绝缘电阻值大于0.5MΩ），则泄漏电流很小时，在R2上的电压降小于氖（Ne）灯的点亮电压，Ne灯不亮；当任意两相或三相对机壳的绝缘电阻同时降低时，泄漏电流增大，使Ne灯点亮，从而可判定绝缘不合格。

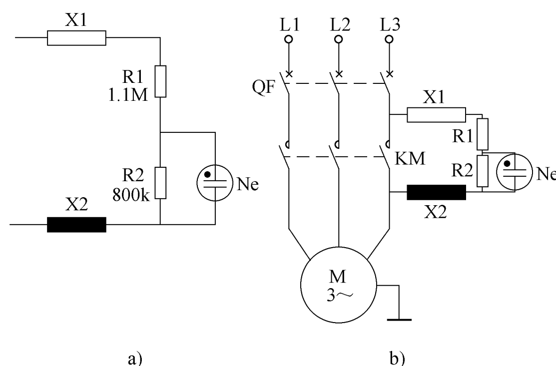


图16-7　简易绝缘检测器电路

在没有500V绝缘电阻表时，可用此简单实用易做的绝缘检测器来判断绝缘状况。Ne灯可用荧光灯辉光启动器中的氖灯代替。

16.8 自装交流电源相序指示器电路

用电阻、电容、氖灯可组成一小型电源相序指示器。当电源按顺相序L1、L2、L3接入



时，氖灯就亮；按逆相序 L2、L1、L3 接入时，则氖灯不亮。其电路如图 16-8 所示。

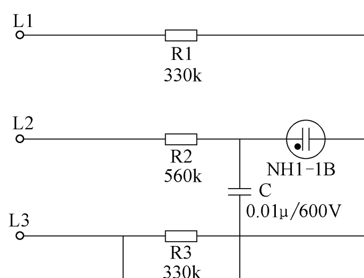


图 16-8 自装交流电源相序指示器电路

16.9 简易自装交流电源相序指示器电路

用一只 2μF、耐压为 500V 的电容和两个相等功率（220V/60W）的白炽灯泡，便可做成一个交流电源相序指示器电路，如图 16-9 所示。

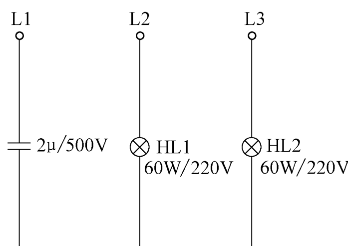


图 16-9 简易自装交流电源相序指示器电路

工作原理：电容移相后，改变了其中一相的相位差，使作用到 HL1 和 HL2 上的矢量电压不等，其规律是 L2 相矢量电压大于 L3 相矢量电压。故按图连接后，电容接电源 L1 相，那么可知灯泡光线较强的一端是 L2 相，光线弱的一端则为 L3 相。

16.10 用交流电源和灯泡测定电动机三相绕组头尾的电路

在电动机六根引出线的标记无法确认时，可利用交流电源和灯泡检查电动机三相绕组的头尾端，以免将绕组接错。

用交流电源和灯泡确定电动机三相绕组的方法是：首先用 36V 低压灯做试灯，分出电动机每一相线圈的两个线端，然后将两相线圈串接后通入 220V 电源，剩下的一相线圈两端接一 36V 的灯泡，电路通入电源后，灯泡发亮，说明所串联的两相是头尾相接；灯泡不亮，说明是头头相接，如图 16-10 所示。然后将测出的两相线圈头尾做一标记，再按此方法将其中一相与原来接灯泡的一相线圈串联，另一相连接灯泡，再按同样方法判断，电动机三相绕组的头尾就很容易区分出来了。

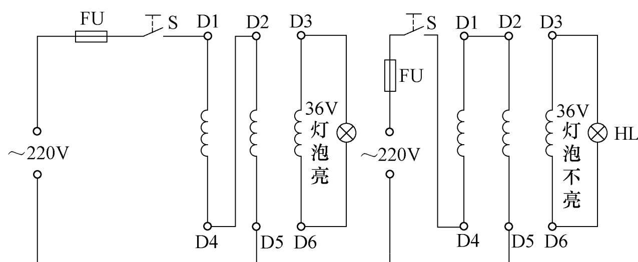


图 16-10　用交流电源和灯泡测定电动机三相绕组头尾的电路

16.11　用耳机、灯泡组成简易测线通断器电路

图 16-11 所示是一种最简便的电路通断检测器电路。当测得导线通路时，灯泡会发光，耳机在通断瞬时会发响；当电路断路时，耳机则不响，灯泡则不亮。这种方法简单易行，非常适合初学电工制作工具、仪表，或代替万用表做测量，其优点是携带方便。

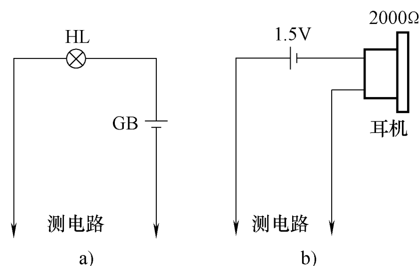


图 16-11　用耳机、灯泡组成简易测线通断器电路

16.12　三相电源相序指示电路

任何供电、配电部门都应该有相序检测装置，以确保供电相序的稳定不变。任何不可逆转的机电产品本身也应具有相序检测装置，以便在主机投运前判别电源相序是否符合要求。三相电源相序指示电路如图 16-12 所示。

当为顺相序时，R3 上的电压经 UR1 整流，再通过 R1 向 C2 充电，当 C2 上的电压达到氖灯 HL1 的启辉电压时，HL1 点亮，发出绿光，C2 通过 HL1 放电；待 C2 上的电压低于一定值时，HL1 熄灭，C2 又重新充电，一会儿 HL1 又重新点亮，C2 重新放电…如此周而复始，绿色氖灯 HL1 不断闪烁。同理，当为逆相序时，只有红色氖灯 HL2 不断闪烁。调整 R1、C2 和 R4、C3 的时间常数，即可调节氖灯的闪烁频率。

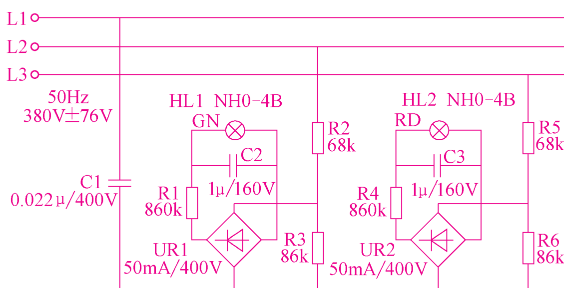


图 16-12　三相电源相序指示电路

16.13 三相电源断相告知电路

当三相电源有一相断电时，该电路不但能发声报警，还能根据指示灯判别是哪一相断电。三相电源断相告知电路如图 16-13 所示。

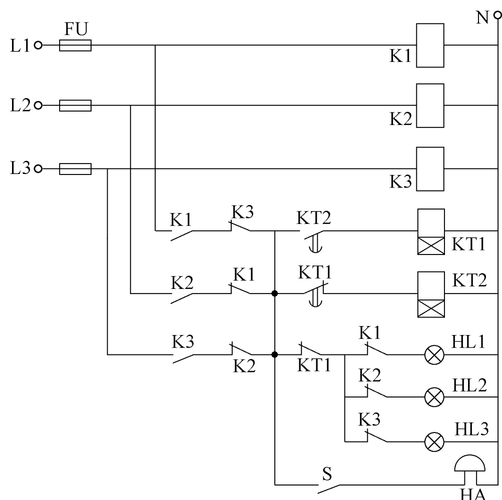


图 16-13 三相电源断相告知电路

合上开关 S，在正常供电时，继电器 K1、K2、K3 都吸合，其各自的三个常闭触头都断开，常开触头都闭合，切断时间继电器 KT1 和 KT2、指示灯 HL1 ~ HL3 及电铃 HA 回路。当某相断电时，如 L1 相断电，这样使 K1 失电，其常闭触头恢复闭合状态，KT2 得电吸合，HL1 亮，HA 响铃报警。经过一段时间后，KT2 延时时间到，其常开触头延时闭合，使 KT1 得电吸合，KT1 常闭触头瞬时断开，切断 HL1 电源。经过一段时间 KT1 延时时间到，其延时断开触头断开，使 KT2 失电释放，KT2 常开触头断开，KT1 失电释放。KT1 常闭触头闭合，HL1 点亮。这样，HL1 就会闪烁发光。L2、L3 断相报警指示与 L1 相同。于是，值班人员通过电铃便知道断相了，看到哪个灯亮了，便知道是哪一相断电。在排除故障期间，可把开关 S 断开，电铃便停止报警。

16.14 电气设备工作状态指示电路

用变色发光二极管不同的光色可指示出电气设备的工作状态，电气设备工作状态指示电路如图 16-14 所示。

接通电源，变色发光二极管 VL 中的红色发光二极管 R 通电发出红色光，指示 220V 电源供电正常，当合上开关 S，电气设备正常工作时，双向晶闸管 VTH1、VTH2 均导通。VTH1 导通，将 VL 中的红色发光二极管短接而熄灭，VTH2 导通，使 VL 中的绿色发光二极管 G 发出绿色光，指示电气设备正常工作。若合上开关 S，电气设备断路或熔断器 FU 熔断时，虽合上了 S，但 VTH1 仍指示电源供电正常（VL 发出红色光），绿色发光二极管不亮，

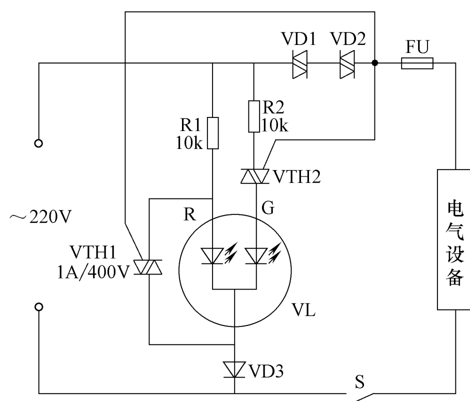


图 16-14　电气设备工作状态指示电路

说明电气设备、FU 或 S 回路有故障。

16.15　插座接线安全检测信号指示器电路

这里介绍一种具有七种功能的插座内部接线安全检测器，它可以测试单相插座内部接线是否正确，并能显示插座内部是否有安全可靠的接地保护措施，可作为家用电器插头的安全用电指示灯，还可用来专门检测插座的接线是否正确、安全。插座接线安全检测信号指示器电路如图 16-15 所示。

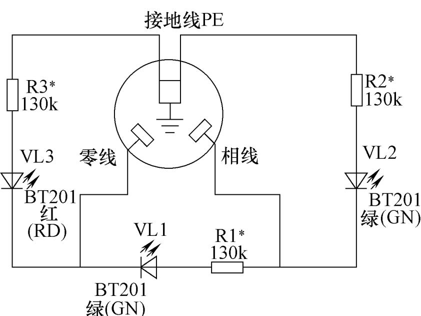


图 16-15　插座接线安全检测信号指示器电路

当把插头插入插座时，假设会出现以下 7 种情况：

1）插座内部接线正确，则所装绿色发光二极管 VL1、VL2 亮，红色发光二极管 VL3 不亮，证明用电安全、正常。

2）插座保护接地线 PE 断线，则发光二极管 VL1 亮，而 VL2、VL3 不亮。

3）插座接地线 PE 与相线相反，则发光二极管 VL1 不亮，VL2、VL3 亮，证明使用家用电器很危险。

4）插座 N 线断线，则发光二极管 VL1、VL3 不亮，VL2 亮。

5）N 线与相线相反，则发光二极管 VL1、VL3 亮，VL2 不亮。

6）插座相线断线，则发光二极管 VL1、VL2、VL3 均不亮。

7）插座保护接地线 PE 断线并且家用电器外壳漏电，则发光二极管 VL1、VL3 亮，VL2 不亮，说明非常危险应立即断开电源。

此电路只适用于插座带有接地保护装置的电路中。

16.16 红绿灯相序指示器电路

简单相序指示器如图 16-16 所示，L2 或 L3 相电压由电阻 R2、R3 或 R5、R6 分压，再将氖灯 HL1、HL2 经 R1、R4 并接到 R3、R6 上。这样在顺相序时，R2 和 R3 上的总电压约为 330V，R3 上约为 198V，使 HL1 启辉点亮，发出绿光。当为逆相序时，R5 和 R6 上的总电压约为 330V，R6 上的电压约为 198V，使 HL2 启辉点亮，发出红光。

顺相序绿灯点亮，逆相序红灯点亮。

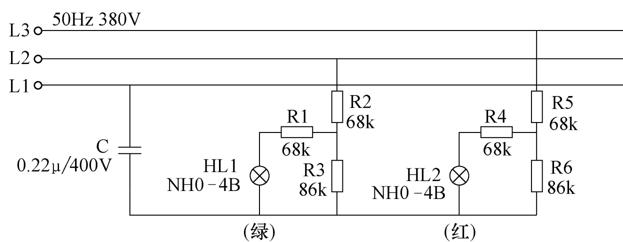


图 16-16 红绿灯相序指示器电路

第 17 章 电子开关、定时电路

17.1 双向晶闸管无级调光、调速电路

图 17-1 所示是既可用于电灯泡的无级调光，也可用于电风扇无级调速，R1、RP、C、R2 和双向触发二极管（简称双向触发管）VTH 共同组成移相触发电路。在交流电压的某半周，220V 交流电源经 RP、R1 向 C 充电，电容 C 两端电压上升。当 C 两端电压升高到大于双向触发管 VD 的阻断值时，VD 和双向晶闸管 VTH 才相继导通，然后，VTH 在交流电压零点时阻断。VTH 的触发延迟角由 RP、R1、C 的乘积决定，调节电位器 RP，便可改变 VTH 的触发延迟角，从而改变负载电流的调光、调速电路大小，即改变灯泡 EL（或风扇）两端的电压，起到无级调光（调速）之作用。

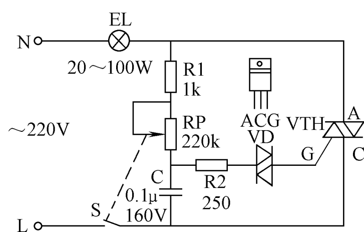


图 17-1　双向晶闸管无级调光、调速电路

17.2 交流电子继电器电路

晶体管集电极电源不能直接使用交流电，当需要控制交流电路时，则可采用图 17-2 所示电路，电路的负载是继电器 K（也可是其他器件），电源是交流，通过桥式整流电路 UR 变为直流加到晶体管 VT 上。集电极为负，发射极为正，对于 PNP 型管而言，这种极性的电源是正常的工作电压，如图 17-2a 所示；集电极为正，发射极为负，对于 NPN 型管而言，则是正常的工作电源，如图 17-2b 所示。

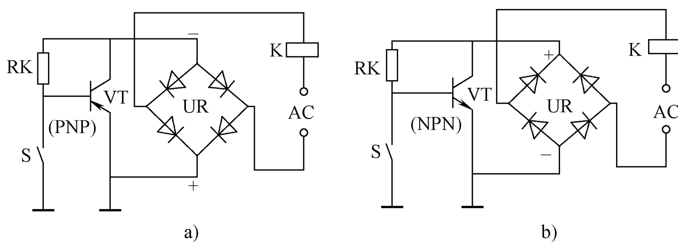


图 17-2　交流电子继电器电路

由于 VT 所控制的不是直流而是脉动直流，因而 VT 所能控制的额定电压、电流，要考

虑脉动的峰值。图中的“AC”为交流电源，通常是6～24V，根据负载的额定电压而定，RK阻值可调试确定。

17.3 接近开关电路

图17-3所示是接近开关电路，接近开关可用于防盗报警、自动报信、自动保护等。它工作稳定、不易受干扰引起误动作。

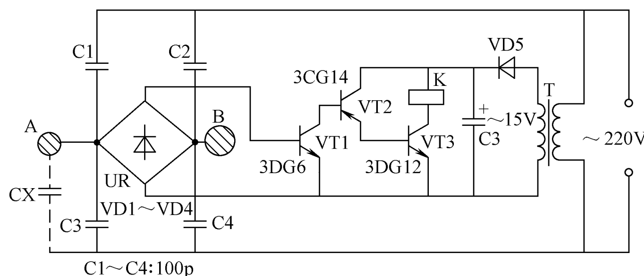


图17-3 接近开关电路

电容C1～C4组成桥式检测电路，并接入220V交流市电中，由于四个桥臂的电容值相等，所以A、B两点对地电位保持平衡，VD1～VD4组成的二极管桥式整流器没有电信号输出。当人体接近金属片A或B时，人体与它们之间形成的电容CX被并联到电容式桥臂上，使之失去平衡，整流器有交流输入，则输出一个直流信号。此信号电流注入晶体管VT1的基极，经VT2、VT3放大后，带动继电器K动作。利用此继电器的触头控制需要控制的电路，达到接近开关的目的。

17.4 触摸开关电路

图17-4所示是晶体管触摸开关电路，平时，K处于失电释放状态。当有人用手触“开”极，人体感应信号经VT1～VT3放大，推动继电器吸合，其触头K动合为VT2基极提供正向偏置电流，使K自锁。需要关断，只需用手触及“关”极，人体感应信号经VT4、VT5放大，将VT2基极接地，K失电释放，电路又返回关态。

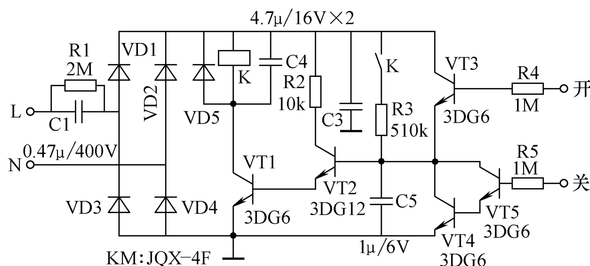


图17-4 触摸开关电路

17.5 电子双联开关电路

图17-5所示是电子双联开关电路，这种电路是用双向晶闸管实现的，电路中S1、S2为安装在甲、乙两地的开关（拉线开关或墙壁暗开关等），用两根导线布线（变压器T、双向晶闸管VTH、熔断器FU、白炽灯EL可视情况安装在两地正中）。

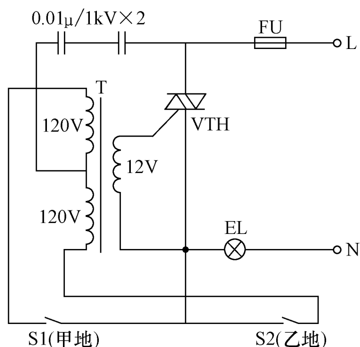


图17-5 电子双联开关电路

当S1、S2全断开时，T无电流通过，VTH阻断，EL不亮。一旦合上S1（或S2），便有电流通过电容，在变压器的二次侧得电，此电压触发VTH导通，EL亮。但在两只开关都合上时，变压器中的净磁通为零，VTH又阻断，灯泡EL又会熄灭。

在S1、S2都合上时，虽然EL不亮，但约有4mA的电流通过白炽灯，所以在使用、维修中要注意安全。

第18章 电工常用电子电源电路

18.1　三端可调式直流稳压电源电路

三端指的是电压输入端、电压输出端和电压调整端，正压指的是输出正电压。目前流行的正压输出稳压器有 LM117/217/317 系列、LM123 系列、LM140 系列、LM138 系列和 LM150 系列等。图 18-1 所示为 LM317 三端稳压集成电路，输出电压连续可调的直流电源和全波整流、电容滤波直流电源。交流电源变压器二次侧采用对称双二次侧，输出直流电压为变压器二次电压的 0.9 倍。

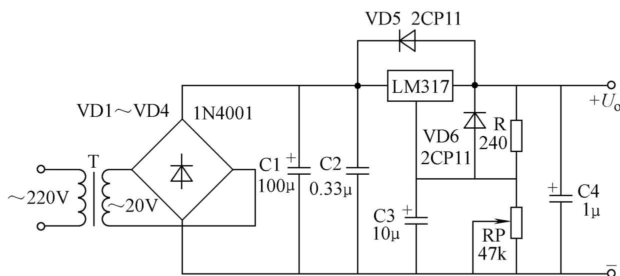


图 18-1　三端可调式直流稳压电源电路

LM317 是三端正稳压器，它的输出电压可调，稳压精度高，输出纹波小，一般输出电压为 1.2～5～35V，最大负载电流为 1.5A，电路内部设置过电流保护、芯片过热保护及调整管安全工作区保护，它的工作温度为 0～150℃。主要参数见表 18-1。

表 18-1　LM317 的主要参数

电压调整率	电流调整率	基准电压	调整端电流	调整端电流变化	纹波抑制比	输出电压温度变化率	最大输入电压	最小输入电压
0.01%	1%	1.25V	50μA	0.20μA	80dB	0.7mV/℃	40V	3V

18.2　开关稳压电源电路

图 18-2 所示是串联式开关稳压电源的结构，T 为电源变压器；VD1～VD4 为整流桥，

C1、C2 为电容滤波；VT 是开关管，工作状态受控于基极控制脉冲信号 U_k，控制脉冲信号 U_k 来自控制电路，控制电路受控于输出电压 U_o；VS 是续流二极管，L 是扼流电感。

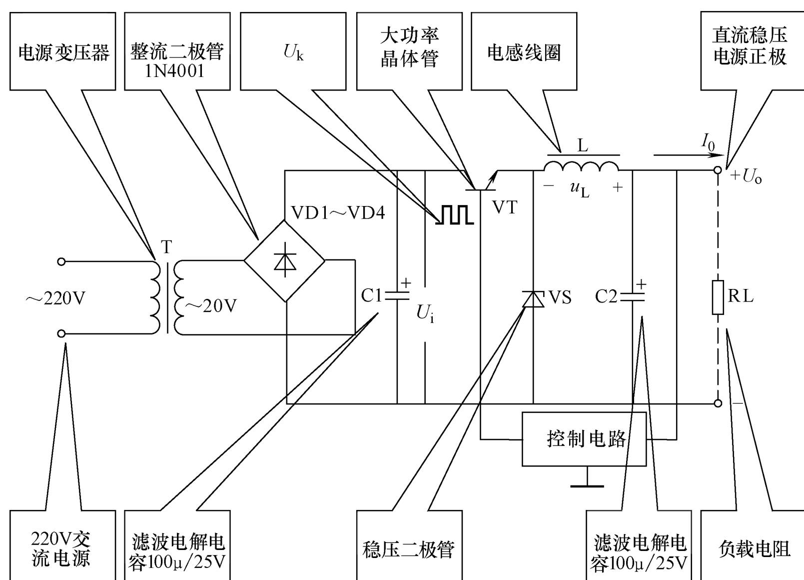


图 18-2　开关稳压电源电路

开关电源的核心部分是一个工作在开关状态的逆变器，它可以把直流电流逆变为高频脉冲电流。当电源接通时，U_i 输入，此时 U_o 小于上限允许值 U_{omax}，经控制电路作用，开关管基极的控制脉冲信号 U_k 为高电平，VT 处于饱和导通状态。U_i 经 VT、L 向 C2 充电，形成输出电流 I_o 和输出电压 U_o。

U_o 随着时间的延续而升高，当上升到上限允许值 U_{omax}时，经控制电路作用，开关管基极的控制脉冲信号 U_k 为低电平，VT 处于截止状态。由于扼流电感 L 中的电流不能突变，L 产生自感电压 u_L；u_L 的极性如图中所示；续流二极管 VS 因正偏而导通，u_L 经 RL、VS 续流，同时 C2 放电；从而保持了开关管截止期间负载电流的连续，但电流、电压是逐渐减小的。

当下降到下限允许值 U_{omin}时，经控制电路作用，U_k 为高电平，VT 处于饱和导通状态。C2 又被充电，此时续流二极管 VS 因反偏而截止，U_o 再次上升。当 U_o 上升到 U_{omax}时，控制脉冲信号 U_k 变为低电平。如此反复，电路处于开关状态，使输出电压 U_o 始终保持在允许的 U_{omin} ~ U_{omax}之间波动，波动的范围一般在 mV 量级，从而达到稳压的目的。

18.3　输出 12V/2A 的直流电源电路

图 18-3 所示是一种输出平稳的 12V/2A 直流稳压电源电路，用于电视机中或其他电源电压为 12V、电流为 2A 的用电器具上。图中的 RP 可调整输出电压。

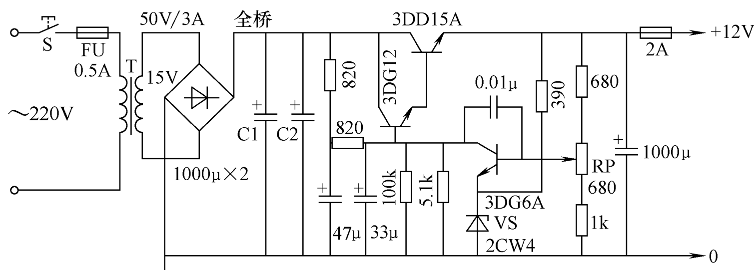


图 18-3 输出 12V/2A 的直流电源电路

18.4 双电压可调稳压电源电路

图 18-4 所示为双电压可调稳压电源电路，可作为电路实验时经常使用的一种电源。其电流不超过 1A，但两组电压分别可调，且互不影响。

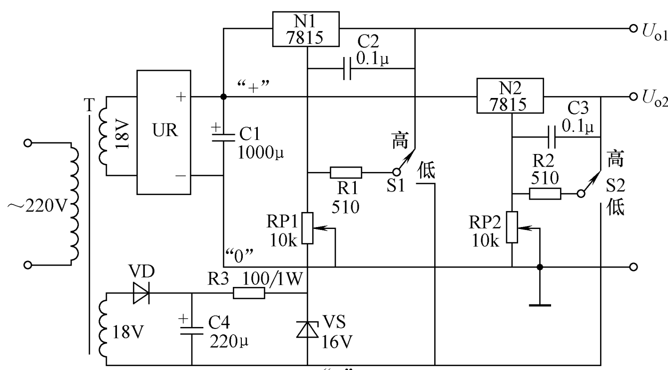


图 18-4 双电压可调稳压电源电路

N1、N2 为 78 系列三端稳压集成电路，由于其输出电压等于标称稳压值与公共接地端电压之和，因此只要给公共端加上一个可调的正、负电压，就可使输出电压高低可调。该电路 N1、N2 共用一组整流电源。变压器 T 的另一组输出，经 VD 整流、C4 滤波、R3 限流、VS 稳压后，专门提供共地参考负电压，通过开关 S1、S2 可选择加在公共端上的电压极性，再调整 RP1 或 RP2 便可分别调节两路输出电压。按照图示数据，两路输出电压可在 1.5 ~ 25V 范围内连续变化，电压稳定度也符合使用要求。当电压调低以后，集成电路的输入/输出电压差很大，功耗相应地增加，因此必须装上散热器。

当选择正参考电压时，电位器的滑片越接近地端，输出电压便越高，而选择负参考电压时，滑片接近地端则输出电压较低。

RP1、RP2 的选取原则是使稳压值略高于集成电路的标称值为宜。稳压电路的输入/输出电压差最大值一般不超过 35V，因此变压器二次电压不宜高于 25V，以免损坏集成电路。

18.5 触摸开关电源电路

图 18-5 所示是触摸开关电源电路，音乐块电路板上均不用外接晶体管。其中上半部分为“开”电路，当触摸“开”接触片时，IC1 被触发，音乐信号正半周使开关管 VT1 导通，继电器 KA 吸合，触头 KA1 闭合，正电源经 R1 给 VT1 提供偏流，电路自保。触头 KA2 同时接通使负载工作。下半部分为“关”电路，当触摸“关”接触片时，IC2 被触发，音乐信号正半周时 VT2 导通，致使 VT1 偏流被旁路，VT1 截止，KA 释放，触头断开，负载停止工作。

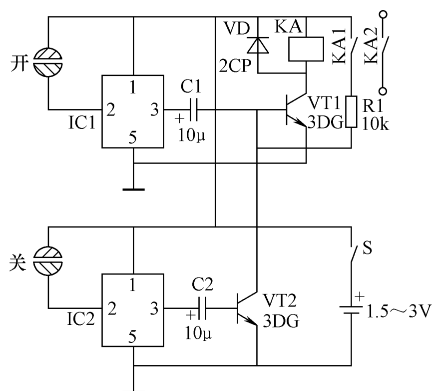


图 18-5　触摸开关电源电路

第19章 电工常用工业电子电路

19.1 炉温调节电路

电炉是纯电阻负载，主电路由两只晶闸管反向并联后串入炉丝电路。

温度测量及自动调节电路的工作情况：R2、R3、R4 组成差动放大器的两只晶体管的分压式偏置电路，同时这四只电阻又是测量桥的四个桥臂。其中 R4 为铂电阻，它的阻值随温度的升高而增大，随温度的降低而减小，它还是放入电炉中的测温元件。改变电位器 RP 的阻值可以给定一个炉温。当炉温与给定温度相比偏低时，R4 阻值减小，电桥失去平衡，VT2 基极电位下降，集电极电流减小。由于两管的集电极电流都流过发射极电阻（1kΩ），因而两管的射极电位下降，VT1 的集电极电流增大，集电极电位下降，充电回路中的晶体管 VT3 的基极电位下降，充电电流增大，使触发脉冲提前，晶闸管的导通角增大，炉温上升。当温度偏高时，一切变化与上述相反。因此可利用差动放大器达到自动调节炉温的目的，如图 19-1 所示。

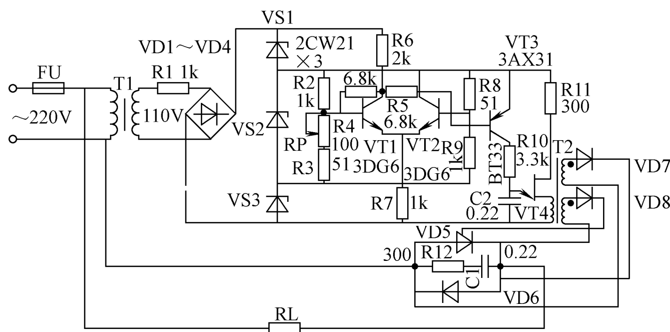


图 19-1 炉温调节电路

19.2 塑料热合机电路

该装置适于聚乙烯塑料袋口热合封口，功率约为40W，制作成本为4～7元，可供家庭、小店、小厂家使用。

该电路构思独特，设计简洁，使用它能够对不同厚度的塑料材料实施定时加热。塑料热合机电路如图 19-2 所示，VD1、C1 构成整流滤波电路，得到 300V 的直流电压。R1、R2 降压得到 24V 的直流电压，供定时控制电路使用。SB 闭合，继电器 KA 得电，KA 闭合，经变压器 T 降压，电热丝得电，开始升温加热。

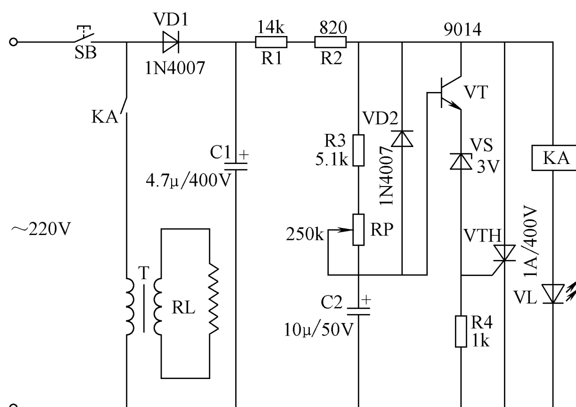


图 19-2　塑料热合机电路

与此同时，C2 由 R3、RP 开始充电，随着 C2 两端电压的上升，VT 开始导通，电压上升到一定程度，稳压管导通，晶闸管 VTH 导通。由于 VTH 的导通，使继电器线圈短路失电，KA 断开，电热丝失电而停止加热，完成一次定时加热过程，调整 RP 可改变定时加热的时间，以适应不同厚度的材料。

VL 直接串在继电器绕组回路中，用于工作状态指示，加热时亮，不加热时熄灭。制作时，单向晶闸管选用 1A/400V，稳压管 VS 用 2～3V，晶体管用 9014，其他元器件如图 19-2 所示，必要时根据需要作适当调整。

19.3　塑料袋封口机电路

图 19-3 所示为塑料袋封口机控制电路，通过 NE555 时基集成电路接成单稳态延时电路，来控制电热元件的通电时间和被热合塑料的固化时间。在封口机的胶木压板上嵌入永久磁钢，贴近固定台板下安装干簧管 KR。

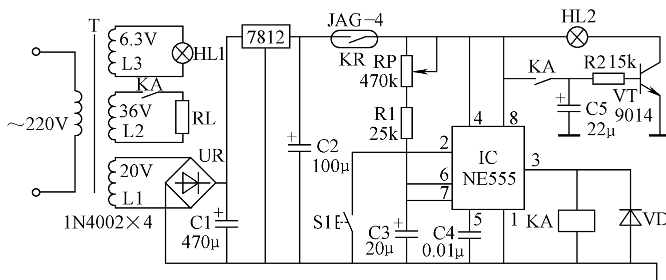


图 19-3　塑料袋封口机电路

接通电源，电源指示灯 HL1（绿）亮。变压器 T 的 L1 输出电压经 UR 整流、三端稳压器 7812 稳压及 C1、C2 滤波，得到 12V 直流电压。当封口机的胶木压板压下时，嵌在压板上的永久磁钢靠近装在固定台板下的干簧管 KR，干簧管常开触头闭合，接通 NE555 时基集成电路 IC 的电源，进入准备状态。按下微动开关 S1，IC 进入暂态，3 脚为高电平，继电器 KA 得电吸合，其常开触头闭合，电热片 RL 得电加热，热合塑料袋袋口。同时，继电器 KA

的另一常开触头闭合，使晶体管 VT 导通，加热定时指示灯 HL2（红）亮，同时也给 C5 充电。延时结束，IC 组成的单稳态电路翻转，又进入稳态，继电器 KA 失电释放，电热片 RL 失电，停止对塑料袋袋口加热。

塑料袋袋口热合后，不能马上拉起，须有几秒的固化过程，以防焊缝撕裂。设置 VT、C5 就是为了在 RL 停止加热后，给正在热合的塑料固化时间。当 KA 失电释放，其常开触头断开，便切断 VT 基极供电电路，这时 C5 放电，继续维持 VT 的基极电流，红灯继续亮。几秒后 C5 放电完毕，红灯熄灭时放松、拉起胶木压板，永久磁钢也随之离开，干簧管 KR 常开触头复位，IC 失电而停止工作。

19.4 晶闸管构成的塑料封口机电路

图 19-4 所示是由单向晶闸管构成的塑料封口机电路，适用于塑料生产企业对塑料件进行封口。

图 19-4 单向晶闸管构成的塑料封口机电路

当 SA 闭合的瞬间，控制电路得电，电阻 R2 降压后的 +24V 直流电压通过 R3、RP 对 C2 进行充电，由于 C2 上的电压不会突变，C2 相当于短路状态，使 VT 基极等效于接地，故 VT 不会工作，发射极无电流，R4 两端无电压产生，VTH 无触发电压而不会导通。这样，电阻 R2 降压后的 +24V 电压加到继电器 KA 线圈与发光二极管 VL 串联电路上，使 VL 导通发光，以示塑料封口机进入封口工作状态；同时，继电器 KA 线圈中的电流通路形成而吸合，其常开触头 KA 闭合后，为降压变压器 T1 提供 110V 交流电压，由其降压后驱动电热丝发热进行塑料封口。

随着电容 C2 上充电电荷的逐渐增加，其上的端电压逐渐上升。当该电压达到一定值时，就会使 VT 导通，+24V 电压就会经 VT 导通的 c-e 结使 VS 击穿，进而在 R4 两端产生压降，触发 VTH 导通，使继电器 KA 线圈与 VL 串联电路的两端被短路，KA 线圈和 VL 均失电，KA 断开，电热丝失电停止加热，只有 SA 断开时 VTH 才会停止导通。

当 VTH 导通以后，C2 立即经 VD2、VTH 迅速放电，为下一次使用做好准备。

VD2 构成 C2 的放电通路，VS 用于提高 VT 射极电位，相应抬高 VT 导通所需基极电压，消除 C2 残留电荷的干扰，另外，使 VTH 所得触发信号迅速达到设定值，两者均可提高电路工作的可靠性。

调整 RP 可改变 RC 时间常数，进而会使 VT 延迟导通的时间改变，由此就改变了电热丝通电加热的时间，从而适应不同厚度材料封口的需要。

19.5 造纸印刷应用电路

本例介绍一种纸张厚度测量电路，它可广泛应用于造纸、印刷等行业的自动控制电路，如图19-5所示。

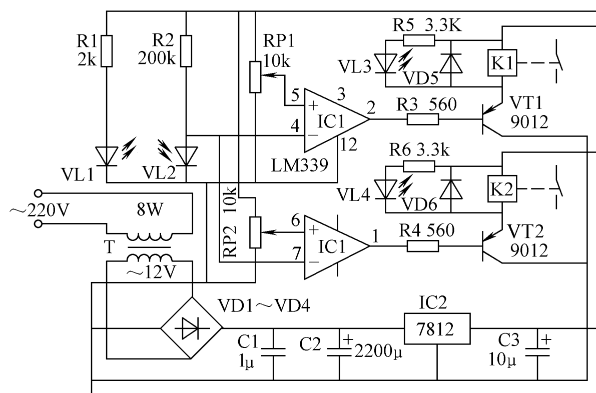


图19-5 纸张厚度测量电路

该纸张厚度测量电路由电源电路、红外检测电路和控制执行电路组成。

红外线发射管VL1发出的红外光透过纸张后，被光敏二极管VL2接收。当纸张较厚时，透射后的光线强度较弱，VL2的导通能力较弱，导通内阻较大，使IC1的4脚、7脚电压变高，当两脚电压超过5脚的基准电压时，2脚输出低电平，使晶体管VT1导通，发光二极管VL3点亮，继电器K1动作，使控制纸张较厚的电路工作。反之，纸张较薄时，IC1的7脚、4脚电压变低，当两脚电压低于6脚的基准电压时，1脚输出低电平，使晶体管VT2导通，发光二极管VL4点亮，继电器K2动作，使控制纸张较薄的电路工作。

IC1的5脚、6脚的电压分别由电位器RP1和RP2调节。

19.6 路口交通灯转换电路

当我们漫步在大街上的时候，一定要注意红绿灯，遵守交通规则。你知道红黄绿三种颜色的灯是如何转换的吗？电路如图19-6所示。

多谐振荡器通电后振荡工作，为IC1的14脚提供计数脉冲。该计数脉冲经IC1计数分频处理后，从其各输出端依次轮流输出高电平，通过非门D4 ~ D6使晶闸管VTH1 ~ VTH3轮流导通，EL1 ~ EL3轮流点亮。

（1）黄灯EL2点亮

当IC1的3脚（Y0端）或1脚（Y5端）输出高电平时，非门D5输出低电平，使VTH2受触发导通，黄灯EL2点亮，此时非门D4和D6输出高电平，VTH1和VTH3截止，红灯EL1和绿灯EL3不亮。

（2）红灯EL1点亮

当IC1的2脚、4脚、7脚和10脚（Y1 ~ Y4端）输出高电平时，非门D4输出低电平，

使 VTH1 受触发导通，VTH2 和 VTH3 截止，红灯 EL1 点亮。

（3）绿灯 EL3 点亮

当 IC1 的 5 脚、6 脚、9 脚和 10 脚（Y6～Y9 端）输出高电平时，非门 D6 输出低电平，使 VTH3 受触发而导通，绿灯 EL3 点亮。

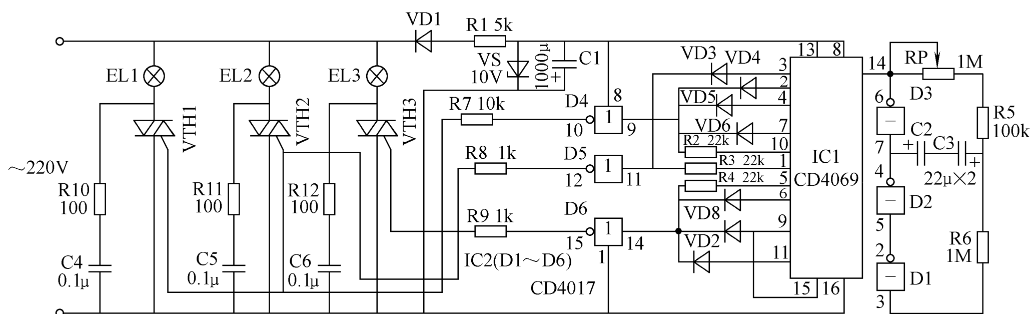


图 19-6 红黄绿交通灯控制电路

调节 RP 的阻值，可改变多谐振荡器的振荡周期，调整范围为 1～10。

19.7 印刷厂速印机电路

速印机控制电路原理如图 19-7 所示。该机采用 200V 50W 直流并励式电动机作动力驱动，电源直接采用交流 220V，经 VD1～VD4 桥式整流为直流电。通过调节晶闸管 VTH 的导通角，进而控制输入电动机 M 转子的直流脉动电流的大小，从而调节电动机转速控制印刷速度。C1、RP、VD7 和电动机绕组为充电回路，调节 RP 的阻值可改变充电时间常数，配合触发二极管 VS，可改变 VTH 的导通角。VD5、VD6、VD7、VD8 为电路元器件保护二极管，防止电动机转子电刷火花和定子线圈断电时的自感电压对其他元器件的损害。

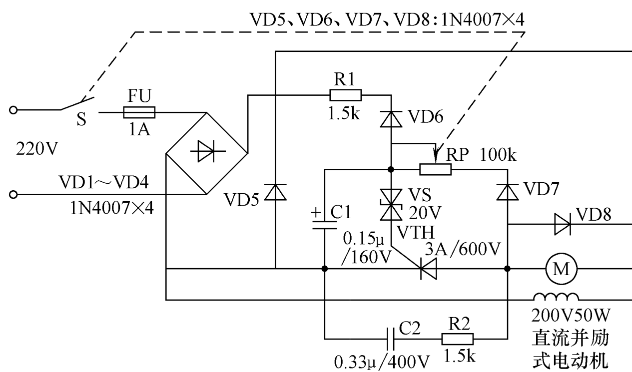


图 19-7 印刷厂速印机电路

电路中，VTH 可用 3A/600V 单向晶闸管，整流及保护二极管均用 1N4007，C1 用 0.15μF/160V 电容器，C2 用 0.33μF/400V 电容器，R1、R2 取 1.5kΩ，RP 用 100kΩ 带开关电位器，VS 用 DB3 双向触发二极管，20V 左右。

19.8 工业静电消除电路

在一些印刷、塑料生产过程中，产生许多静电，直接影响人们的健康，污染环境。为了消除静电的危害，介绍一种静电消除电路，它能产生高压电场，有效地消除塑料薄膜与纸张上所带的静电。工业静电消除电路如图 19-8 所示。

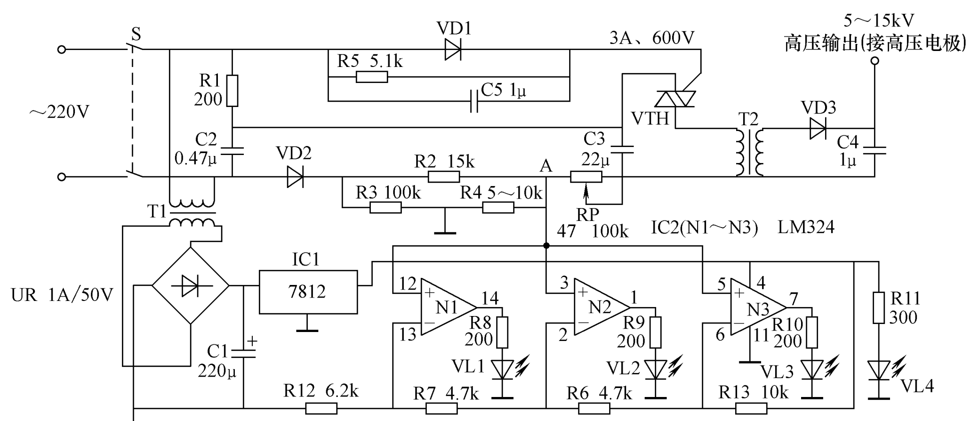


图 19-8 工业静电消除电路

接通电源开关 S，交流 220V 电压一路经 R1、VD2、R2、RP 和 T2 的一次绕组加至 VTH 的两个阳极上；另一路经 VD1、R5 和 C5 组成的触发电路为 VTH 的门极提供触发电压，使 VTH 在交流电压的正半周和负半周均维持导通状态。VTH 导通后，C3 和 T2 的一次绕组构成 LC 并联谐振电路，产生频率为 3kHz 的振荡信号。该振荡信号经 T2 升压及 VD3 整流后，在 C4 两端产生高压正电场，并通过高压电极对塑料薄膜或纸张放电，消除静电。调节 RP 的阻值，使输出电压在 5～15kV 内连续可调。

交流 220V 电压还经 T1 降压、UR 整流、C1 滤波及 IC1 稳压后，为 IC1 提供 +12V 直流电压。+12V 电压经 R11 限流后将 VL4 点亮，还经 R13、R6、R7 和 R12 串联分压后，为 N1～N3 的反相输入端提供基准电压，N1～N3 正相输入端的取样电压来自 A 端。输出高压越高，A 端电压也越高，VL1～VL3 点亮的数量就越多。输出电压为 5kV 时，VL1 点亮；输出电压达到 10kV 时，VL1 和 VL2 均点亮；输出电压达到 15kV 时，VL1～VL3 均点亮。

19.9 工业生产防抖动电路

在工业生产中，经常使用按钮、多位开关、接触器、继电器等，它们常常是开关量的输入源，由于这类开关大都是机械开关，当开关触头闭合时，在达到稳定之前会产生短暂的抖动，弹跳抖动的时间一般可达数毫秒。微机对开关信号采样时，必须消除这种抖动，否则会造成错误。消除抖动的方法采用软件和硬件两种方法解决。软件方法是经过延时、采样方法，采样直到两个采样值相同为止，延迟时间应比抖动时间长；硬件方法是在接口电路中加一防抖动电路。图 19-9 所示是双向消抖动电路。由两个与非门组成 RS 触发器，把开关信号输入到 RS 触发器的一个输入端 A，当抖动的第一个脉冲信号使 RS 触发器翻转时，D 端

处于高电平状态，故第一个脉冲消失后 RS 触发器仍保持原状态，以后的抖动所引起的数个脉冲信号对 RS 触发器的状态无影响，这样就消除了抖动。

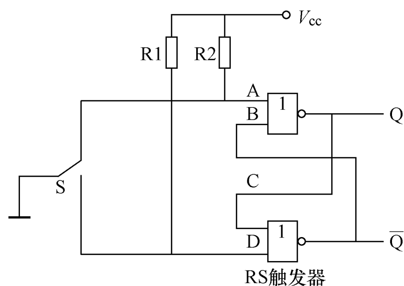


图 19-9 双向消抖动电路

19.10 自动切纸机电路

图 19-10 所示是由光敏晶体管构成的印刷切纸机保护电路，可防止人工送纸误踩切纸开关而造成工伤事故。该电路在人工送纸时，可控制切纸机自动停机。

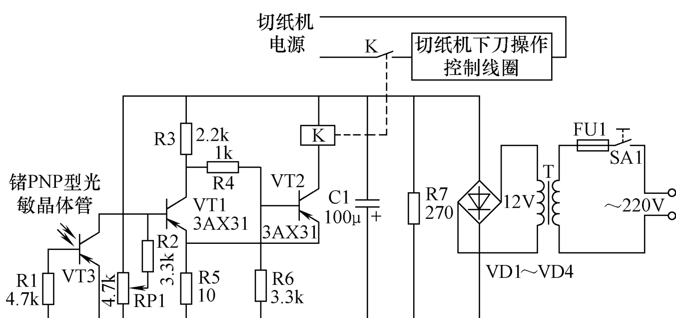


图 19-10 自动切纸机电路

继电器有一组常开触头 K 串接在切纸机下刀操作控制线圈的供电回路中，只有当该常开触头 K 闭合后，切纸机才会下刀切纸。

K 继电器线圈串接在 VT2 的集电极回路中，受 VT2 状态的控制，VT2 又受 VT1 的控制，VT1 则受光敏晶体管 VT3 的控制，VT3 受光控制。在切纸机的一边装有灯泡并向另一边照射，VT3 装在另一边用于接收灯泡照射的光线。

VT1 和 VT2 可组成射极耦合双稳态触发器。当工人用手放纸时，手就会遮住灯泡照射来的光线，使光敏晶体管 VT3 呈高阻值，进而就会使 VT1 导通、VT2 截止，继电器 K 线圈断电释放，其常开触头 K 复位断开，从而切纸机下刀操作控制线圈电流通路被切断，达到预防切纸机工人用手放入切纸时发生事故。

19.11 锅炉控制电路

锅炉控制电路为了在热水加热系统中控制水的温度，常应用比较器的比较功能来控制加

热设备。其控制电路如图19-11所示。电路中，热敏电阻R12和R2构成一个分压器，其分压值作为参考电压加在U－端。热敏电阻R12放在锅炉门的外边。R12和R2的阻值是这样选择的：当外部温度在14℃时，R12和R2的阻值相等。电阻R1和热敏电阻R11也构成一个分压器，其分压值加在U＋端。热敏电阻R11放置在锅炉的里边，R11和R1的阻值是按如下条件选择的：当锅炉的温度为88℃时，R11和R1的阻值应相等。比较器的输出去控制晶体管VT。当锅炉的温度大于或等于88℃时，比较器输出高电平，使VT导通，导致继电器K吸合，关断锅炉的加热源。

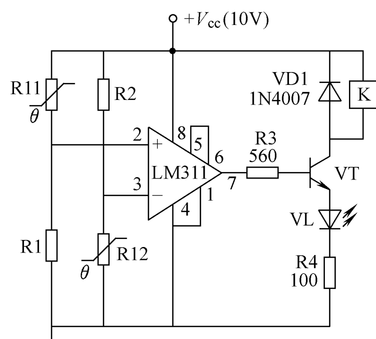


图19-11　锅炉控制电路

当锅炉的温度低于14℃时，比较器输出低电平，该低电平使晶体管VT截止，导致继电器释放，接通锅炉的加热源，从而完成了锅炉温度的自动控制。电路中的发光二极管VL在关断加热源时点亮。二极管VD1为泄放二极管，以防止吸合瞬间感应电压与电压V_{cc}叠加而击穿管子。

19.12　溶液浓度检测电路

这种化工生产溶液浓度检测电路，可用于化工生产过程对溶液浓度的检测。

溶液浓度检测电路如图19-12所示。市电经变压器T隔离降压为10V，再经C1、C2及R1限流，两只6～8V稳压管双向限幅（稳定电压），以确保探针两端检测出的电压值能客观、准确地反映出溶液的浓度值。

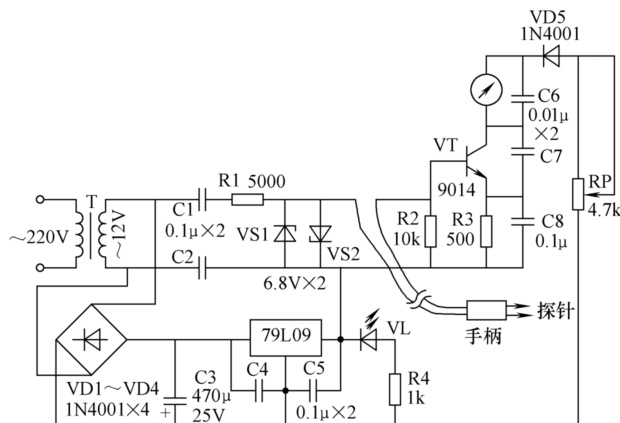


图19-12　溶液浓度检测电路

当两根不锈钢探针插入溶液中时，市电经稳压管双向限幅后成方波，通过溶液中两探针间的电阻加到VT的基极，使其基极电平随溶液浓度（电阻）的变化而变化，这样，VT的导通状态就与溶液的浓度有关了。用接在VT的集电极的表头便可指示出被检测溶液的浓度。

两根探针必须用能导电且对被检测溶液化学稳定性高的材质来制作，不锈钢为首选。两

针间间距以能插入容器口且固定不变为准。检测手柄与仪器间的两导线用焊接方式连接。若用插头插座连接，则应确保今后不会引入接触电阻（即引入测量误差）。校正时，将探针尖短接，调节 RP（4.7kΩ）使表头指针指示为“0 点”，从此“0 点”开始作出“浓度”刻度。其浓度可根据生产（检测）需要，以“百分比浓度”、“克分子浓度”、“当量浓度”等自由决定，也可以用已知浓度的标准溶液来直接标定刻度。

19.13　单相交流电动机电子调速控制电路

单相感应电动机无级调速电路如图 19-13 所示。图中 C2 和 RP 组成阻容移相桥，调节 RP，便可改变移相电桥输出的交流电压的相位，计算整流桥 UR2 加在 VTH 门极上控制 VTH 的导通角，从而改变电动机 M 的工作电压，实现无级调速。

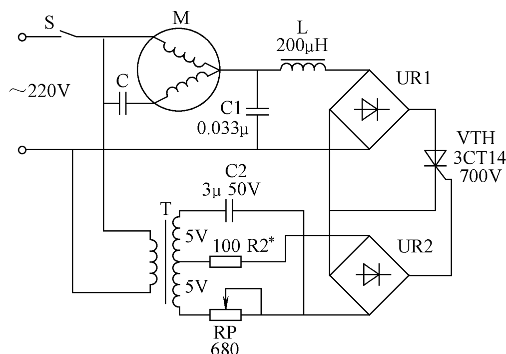


图 19-13　单相交流电动机电子调速控制电路

19.14　工业织布机控制电路

刚接通电源开关 S 时，由于 C1 的作用，IC 的 6 脚电压高于$\frac{2}{3}V_{cc}$，IC 的 3 脚输出低电平，K 不吸合，织布机的电动机（电路中未画出）不运转。

当用手触摸电极片 A 时，人体感应的杂波信号使 IC 内电路受触发而翻转，IC 的 3 脚输出高电平，使 K 吸合，织布机电动机通电运转（通过控制交流接触器 K 的常开触头来控制电动机），如图 19-14 所示。

若织布机电动机处于空载（未织布），则织布机的运动机构将 VL1 发射的红外光挡住，VT5 接收不到红外光而处于截止状态，VT6 也无法导通，V_{cc}电压通过 R3、R4 对 C2 充电。约 30s，当 C2 两端电压高于$\frac{2}{3}V_{cc}$时，IC 的 3 脚变为低电平，使 K 释放，C2 通过 R6 对 IC 的 7 脚内电路放电，为下次起动作准备，完成织布机空载延时停机功能（延时 30s 相当于处理织布机故障所需时间）。

若织布机在电动机起动运转后开始织布，则 VT5 受 VL1 发出的红外光照射而导通，使 VT6 导通，C2 正端为低电平，织布机电动机正常运转工作。

VT3 和 VT4 作为温度检测器件，安装在电动机的定子绕组上，用来检测电动机绕组的

温度。在电动机绕组的工作温度低于120℃时，VT3和VT4的导通能力较弱，VT1处于截止状态，VT2导通，IC的6脚为低电平（低于$\frac{2}{3}V_{cc}$），织布机电动机正常工作。当电动机绕组的工作温度超过120℃时，VT3和VT4受热后导通能力增强，使VT1导通，VT2截止，IC的6脚电压高于$\frac{2}{3}V_{cc}$，3脚输出低电平，使VT7截止，K释放，织布机电动机停止运转，从而达到了电动机过热保护的目的。

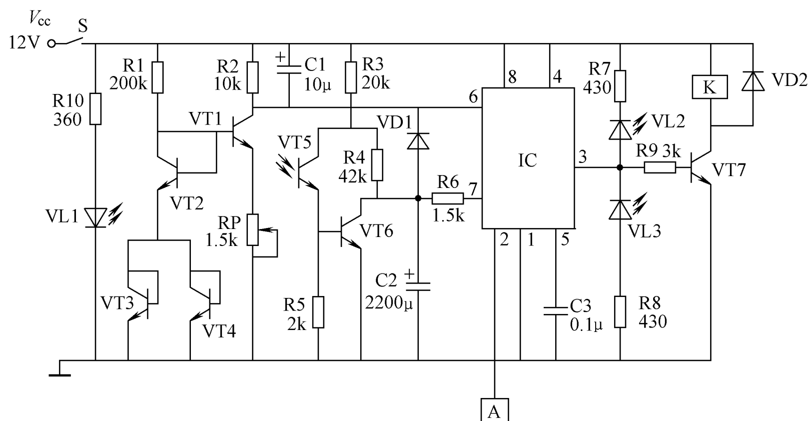


图19-14　工业织布机控制电路

19.15　工业织布机节电电路

该织布机节电控制器电路由控制开关SB1、起动按钮SB2、交流接触器KM、热继电器FR、继电器K、电阻R、电容C、整流二极管VD和微动开关SB3组成，如图19-15所示。

按动一下起动按钮SB2，交流接触器KM通电吸合并自锁，电动机M通电运转。将织布机的开停车手柄置于开车位置时，微动开关SB3的两组常闭触头接通，常开触头断开，K处于释放状态，C通过SB3的常闭触头、VD和R充电。

当织布机因故自动停车（例如出现断经或缺纬）时，开停车手柄在离合器的作用下自动复位，微动开关受离合器连杆的触动而动作，其常闭触头断开，常开触头接通，C通过SB3的常开触头对K放电，使K短暂吸合，K的常闭触头断开，KM释放，M的工作电源被切断。操作开停车手柄或按动起动按钮SB2时，M可再次通电运转。

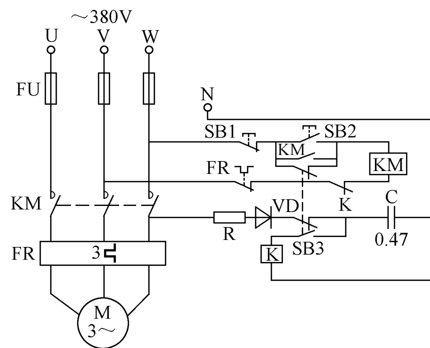


图19-15　工业织布机节电电路

19.16　工业常用点火电路

该工业用电子点火器电路由电源电路、起动点火控制电路和升压点火电路组成，如

图19-16所示。

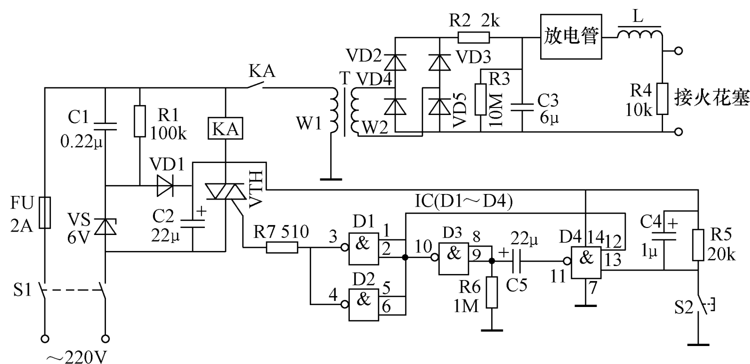


图19-16 工业常用点火电路

接通电源开关S1，交流220V电压经C1降压、VS稳压、VD1整流及C2滤波后，为IC提供6V直流工作电压。

按下点火控制按钮S2时，C5开始充电，与非门D3输出低电平，D1和D2输出高电平，使VTH受触发导通，KA通电吸合，其常开触头接通升压点火电路的工作电源。交流220V电压经T升压、VD2～VD5整流后，通过R2对C3充电。当C3两端电压达到放电管的击穿电压时，放电管击穿，C3上所存储的电能经放电管和电感线圈L加至火花塞上，通过火花塞产生放电火花，将燃油或燃气点燃。

当C5充满电（约12s）时，与非门D3输出高电平，D1和D2输出低电平，VTH在交流电过零时截止，KA释放，将升压点火电路的工作电源切断。

第 20 章 电子遥控电路

20.1 磁控式遥控开关电路

采用霍尔开关（SH）的磁控装置如图 20-1a 所示。在磁铁远离霍尔开关电路时，由于正向固定偏磁作用，霍尔开关电路导通，其输出为低电位，晶闸管关断，交流接触器 KM 释放。而在磁铁移到霍尔开关的敏感区时，在反向磁场作用下，其输出端突升为高电平，通过二极管 VD 使 VTH 导通，KM 吸合。调节 RP1 和 RP2 可以兼顾灵敏度和可靠性（防止 VTH 误触发）。

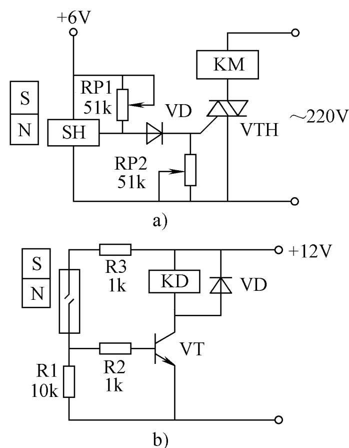


图 20-1　磁控式遥控开关电路

图 20-1b 所示是采用干簧管（KP）的磁控装置。在磁铁远离 KR 时，KR 的触头断开，晶体管截止，继电器 KD 释放。而在磁铁靠近 KP 时，KP 的触头闭合，KD 吸合，继电器 KD 的触头串在被控电气设备的控制电路中，这样，磁铁的运动及其所在位置决定设备的工作状态。

电路中如果继电器 KD 的线圈电流很小，或者用电设备的电压很低、电流很小，那么可以将其直接与干簧管串联，用不到其他元器件。干簧管一般触头容量较小，在控制大容量负载时，就要用晶体管、继电器、接触器或者晶闸管等作电压、电流或功率放大。由于晶闸管门极所需的电压很低、电流很小，因此把干簧管接于晶闸管的门极回路，用电设备接于晶闸管的主电路中，这是一种较好的方案。

20.2 光电遥控开关电路

图 20-2 所示为一简单的光电遥控开关电路，而光敏电阻常与晶体管、集成运算放大器、NE555 时基集成电路等配合组成各种不同的电路。NE555 时基集成电路结成滞后比较器，灯的开关受光敏电阻 RG 控制，白天关闭，夜里接通。

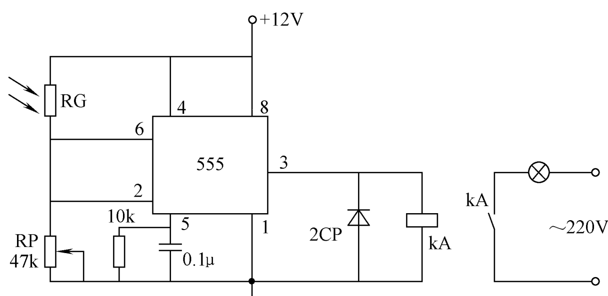


图 20-2　光电遥控开关电路

20.3 防止儿童走失无线遥控电路

图 20-3 所示是防止儿童走失无线遥控电路，在儿童或高龄老人身上带一个发射器，在监护人身上带一个接收器。当儿童或高龄老人离开监护人（家长或保姆）距离3～4m时，监护人接到报警声，由于距离不远，很快可以发现，不易丢失。这种装置特别适用于在商场、闹市等人群拥挤的场合。

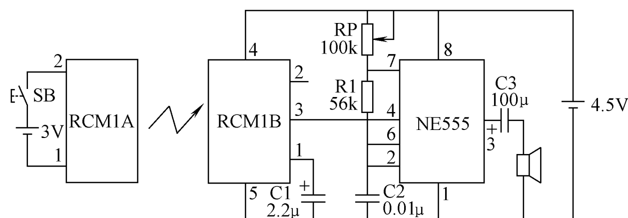


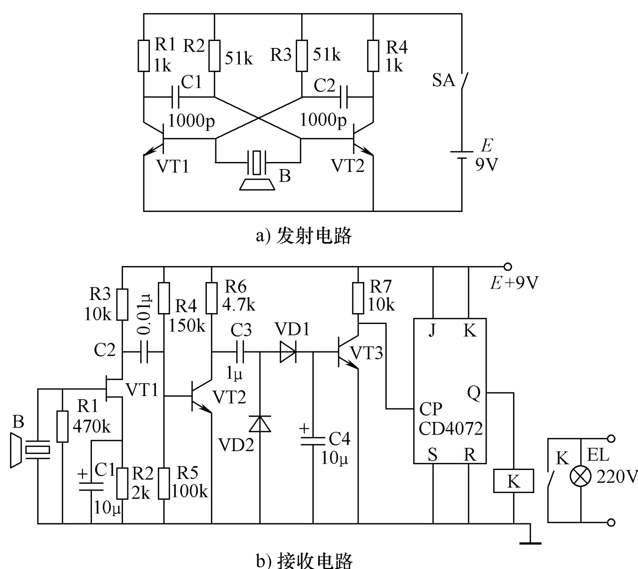
图 20-3 防止儿童走失无线遥控电路

电路由发射器和接收器两部分组成，核心元件为 RCM1A 和 RCM1B，发射器接通电源后就向周围发射信号。接收器电路由接收模块 RCM1B、多谐振荡器、扬声器等组成。RCM1B 在有效接收范围内（8～15m）收到 RCM1A 发射的信号时，其低电平输出端 3 脚输出低电平，由 NE555 时基集成电路等组成的多谐振荡器因其总复位端 4 脚为低电平，电路不起振。当发射器与接收器之间距离超出接收范围时，RCM1B 的 3 脚输出高电平，多谐振荡器起振，扬声器发出报警声。电路中调整 RP 使扬声器发出的声调悦耳动听即可。

20.4 超声波遥控开关电路

图 20-4 所示为一种超声波遥控开关电路，图 20-4a 所示为发射电路。电路采用分立器件构成，也可用 NE555 组成。VT1 和 VT2 以及 R1、R2、C1、C2 构成自激多谐振荡器，超声发射器件 B 被连接在 VT1 和 VT2 的集电极回路中，以推挽形式工作，回路时间常数由 R1、C1 和 R4、C2 确定。超声发射器件 B 的共振频率使多谐振荡电路触发。因此，该电路可工作在最佳频率上。

图 20-4b 所示为接收电路，结型场效应晶体管 VT1 构成高输入阻抗放大器，能够很好地与超声接收器件 B 相匹配，可获得较高接收灵敏度及选频特性。VT1 采用自给偏压方式，改变 R3 即可改变 VT1 的静态工作点，超声接收器件 B 将接收到的超声波转换为相应的电信号，经 VT1 和 VT2 两级放大后，再经 VD1 和 VD2 进行半波整流变为直流信号，由 C3 积分后作用于 VT3 的基极，使 VT3 由截止变为导通，其集电极输出负脉冲，触发器为 JK 触发器，使其翻转。JK 触发器 Q 端的电平直接驱动继电器 K，使继电器 K 辅助触头吸合或释放。由继电器 K 的触头控制电路的开关。



a) 发射电路

b) 接收电路

图 20-4　超声波遥控开关电路

20.5　遥控直流电动机正反转电路

图 20-5 所示是遥控玩具汽车的控制电路，它利用遥控接收模块 RCM1B 的 2、3 脚输出电平的高低转换来控制直流电动机的正转和反转，可组成简单的玩具汽车遥控电路。

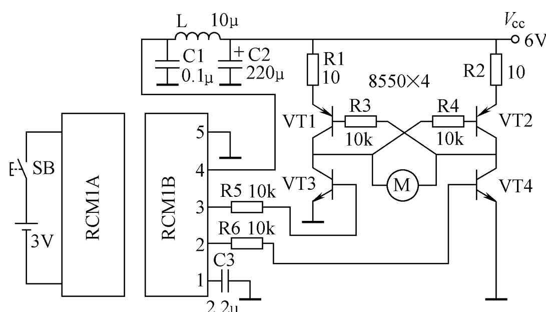


图 20-5　遥控直流电动机正反转电路

当按下发射器按钮时，RCM1A 发射信号，接收模块 RCM1B 收到信号，其 2 脚输出高电平，3 脚输出低电平，晶体管 VT3、VT2 截止，VT4、VT1 导通，电流经 R1、VT1、直流电动机、VT4 回到电源负极，电动机正转，玩具汽车前进。松开发射器按钮后，RCM1A 断电而停止发射信号，RCM1B 因接收不到信号，其 2 脚输出低电平，3 脚输出高电平，VT3、VT2 由截止变为导通，VT4、VT1 则由导通变为截止，电流经 R2、VT2、直流电动机、VT3 回到电源负极，电动机上的极性刚好相反，电动机反转，玩具汽车后退。

电路中 C1、C2、L 组成滤波网络，用于防止玩具直流电动机工作时产生的换向火花干扰接收电路正常工作。电动机驱动管 VT1、VT2 采用 8550 等中功率 PNP 型管，VT3、VT4 采用 8050 等中功率 NPN 型管，VT1 ~ VT4 的阻值应一致。该电路安装完毕后无需调整即可正常工作。

第21章 电工常用照明电路

21.1 荧光灯接线电路

荧光灯大量应用于家庭以及公共场所等地方的照明，具有发光效率高、寿命长等优点。正确连接荧光灯电路，是荧光灯正常工作的前提。图21-1所示为荧光灯的一般接线图。荧光灯的工作原理是：当开关闭合，电源接通后，灯管尚未放电，电源电压通过灯丝全部加在辉光启动器内两个双金属触片上，使氖管中产生辉光放电发热，两触片接通，于是电流通过镇流器和灯管两端的灯丝，使灯丝加热并发射电子。此时由于氖管被双金属触片短路停止辉光放电，双金属触片也因温度降低而分开，在此瞬间，镇流器产生相当高的自感电动势，它和电源电压串联后加在灯管两端引起弧光放电，使荧光灯点亮。

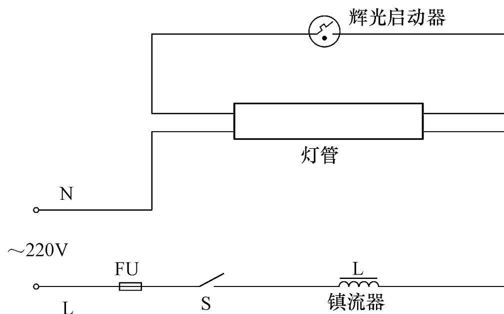


图21-1　荧光灯接线电路

21.2 双荧光灯的户外广告双灯管接法

双荧光灯接线电路如图21-2所示。一般在接线时尽可能减少外部接头。安装荧光灯时，镇流器、辉光启动器必须和电源电压、灯管功率相配合。这种电路一般用于厂矿和户外广告要求照明度较高的场所。

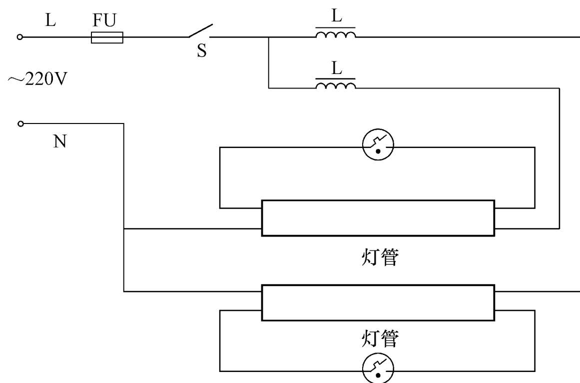


图21-2　双荧光灯的户外广告双灯管接法

21.3 荧光灯四线镇流器接法

四线镇流器有四根引线，分主、副线圈。主线圈的两引线和二线镇流器接法一样，串联在灯管与电源之间。副线圈的两引线，串联在辉光启动器与灯管之间，帮助启动用。由于副线圈匝数少，交流阻抗亦小，如果误把它接入电源主电路中，就会烧毁灯管和镇流器。所以，把镇流器接入电路前，必须看清接线说明，分清主、副线圈。也可用万用表测量检测，阻值大的为主线圈，阻值小的为副线圈。正确接线法如图21-3所示。

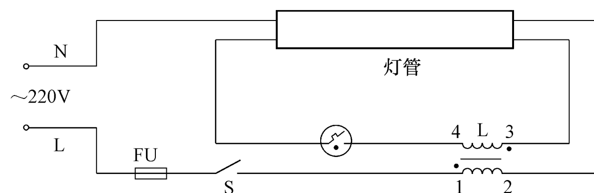


图21-3　荧光灯四线镇流器接法

21.4 荧光灯节能电子镇流器电路

荧光灯节能电子镇流器电路如图21-4所示，它具有工作电压宽、低压易启动、工作时无噪声、无闪烁、节能省电等特点。

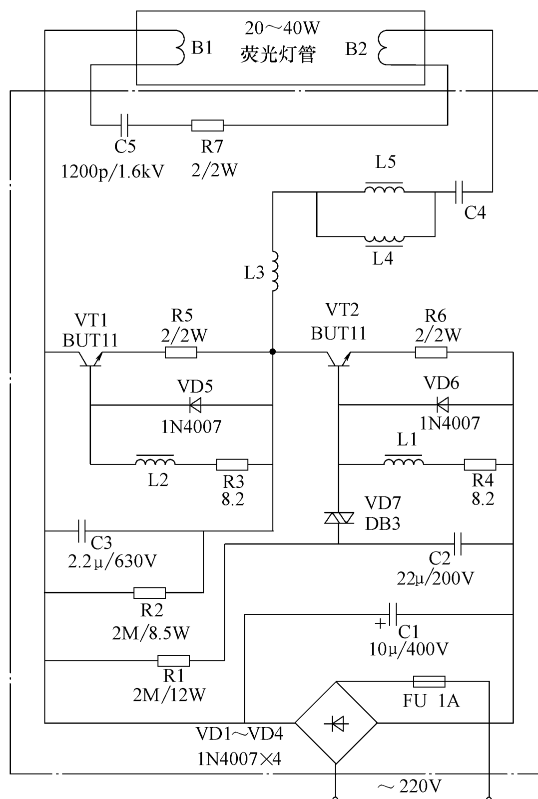


图21-4　荧光灯节能电子镇流器电路

工作原理是由 VD1～VD4、C1 组成桥式整流滤波电路，把交流 220V 转换成 300V 左右的直流电，供振荡激励电路使用。R1、C2、双向触发二极管 VD7 可构成触发起振电路，VT1、VT2 及相应元器件构成主振电路。在 VT1、VT2 截止时，自感扼流圈 B1、B2 产生高压，启动荧光灯管，C5、R7 的作用是可消除因瞬间高压对荧光灯灯丝的冲击而形成的灯管两端早期老化发黑的现象，以延长灯管的使用寿命。

21.5　探照灯、红外线灯、碘钨灯、钠灯接线电路

探照灯适用于铁路、建筑工地及远距离照明。探照灯只要它的额定电压和电源电压一致，即可直接并接在电源上，如图 21-5a 所示。

红外线灯主要应用于医疗化工等方面，其接线电路同图 21-5a 所示。

碘钨灯具有体积小、使用时间长、光线好、光效高等优点，灯管两端的接线柱也同样是直接与电源相连接的。

另外，自镇流高压汞灯、工厂安全型照明灯、普通反射型灯、白炽灯都可按图 21-5a 接线。

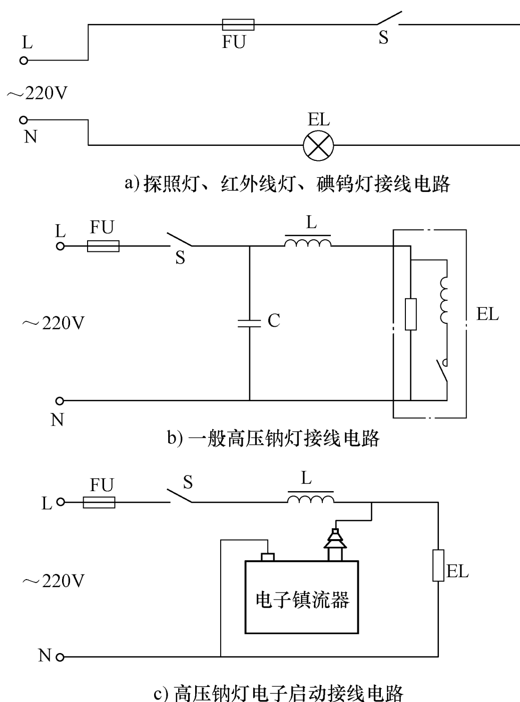


图 21-5　探照灯、红外线灯、碘钨灯、钠灯接线电路

钠灯多用于路灯照明，它分低压和高压两种，一盏 90W 的低压钠灯相当于一盏 250W 的高压汞灯的亮度，故广泛用于道路、车站、广场等场所。图 21-5b 所示为一般高压钠灯接线电路，高压钠灯 EL 为启动热控开关，镇流器 L 产生脉冲高压，将 EL 内部击穿放电，在启动结束后，热控开关靠放电管高温，保持继续断开。图 21-5c 所示为高压钠灯电子启动接线电路。

21.6　紫外线杀菌灯接线电路

紫外线杀菌灯适用于医学、制药工业方面，灯与电源接线如图 21-6 所示。紫外线杀菌灯必须配接符合配套要求的专用漏磁变压器。

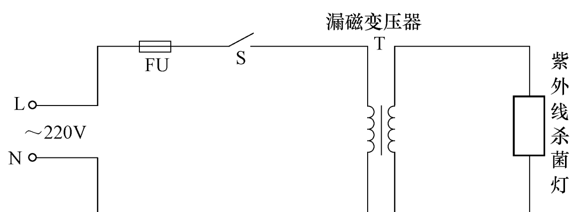


图 21-6　紫外线杀菌灯接线电路

21.7　高压汞灯接线电路

高压汞灯具有节省电能、发光效率较高、寿命较长、安装电路简单、外形美观等优点，故得到广泛应用。安装电路如图 21-7 所示。

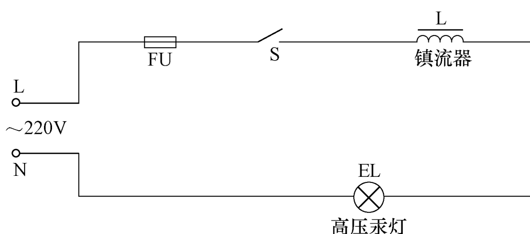


图 21-7　高压汞灯接线电路

使用高压汞灯应注意以下几点：

1）电源波动不宜过大，如果使用中电源电压中途降落 5%，有可能造成灯泡熄灭，熄灭后也不能及时重燃。

2）灯泡与镇流器要配套使用。高压汞灯座额定功率必须足够大，以防止灯泡热量过高而烧坏灯座。另外，反射型高压汞灯、反射型黑光高压汞灯也均可按图 21-7 接线。

21.8　管形氙灯接线电路

图 21-8 所示是管形氙灯接线电路。$\phi1$ 为高压输出端，应注意绝缘。触发控制端在触发时电流很大，需配上一个 CDC10－20 型接触器。启动时按下按钮 SB，灯管即可点燃，电路中的 $\phi3$ 接相线，$\phi4$ 接中性线，$\phi1$、$\phi2$ 接灯管两端。



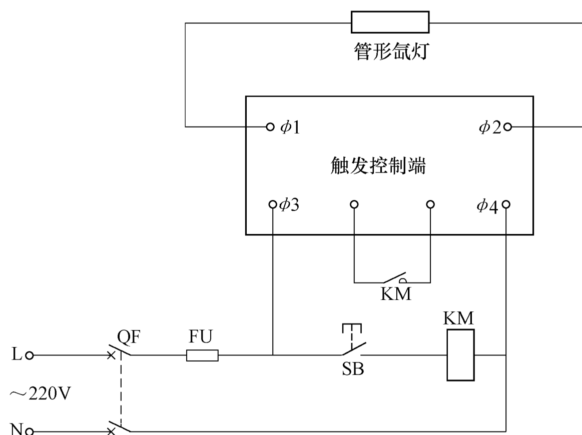
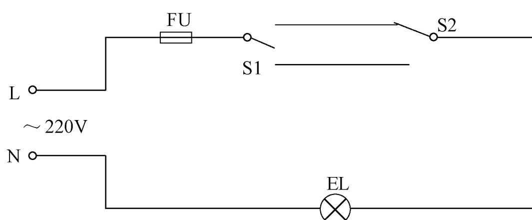


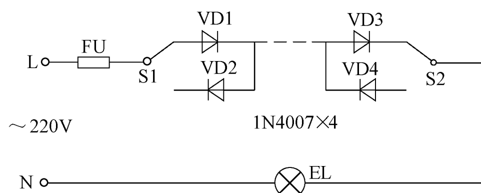
图 21-8 管形氙灯接线电路

21.9 用两个双联开关在两地控制一盏灯电路

有时为了方便控制照明灯，需要在两地控制一盏灯。例如楼梯上使用的照明灯，要求在楼上、楼下都能控制其亮灭。它需要用两根连线，把两个开关连接起来，这样可方便地控制其灯的亮灭。这种连接方法也广泛应用于家庭装修控制照明灯中，接线方法如图 21-9a 所示。另一种电路可在两开关之间节省一根导线，同样能达到两个开关控制一盏灯的效果，这很适用于两开关较远的场所中，但缺点是电路由于串接了整流管，灯泡的亮度会降低些，一般可应用于亮度要求不高的场所，如图 21-9b 所示。



a) 接线方法一



b) 接线方法二

图 21-9 用两个双联开关在两地控制一盏灯电路

21.10　用三个开关控制一盏灯电路

在日常生活中，经常需要用两个或多个开关来控制一盏灯，如楼梯上有一盏灯，要求上、下楼梯口处各安装一个开关，使人员上、下楼时都能开灯或关灯。这就需要一灯多控。图21-10所示是三个开关控制一盏灯电路。开关S1和S3用单刀双掷开关，而S2用双刀双掷开关。S1、S2、S3三个开关中的任何一个都可以独立地控制电路通断。

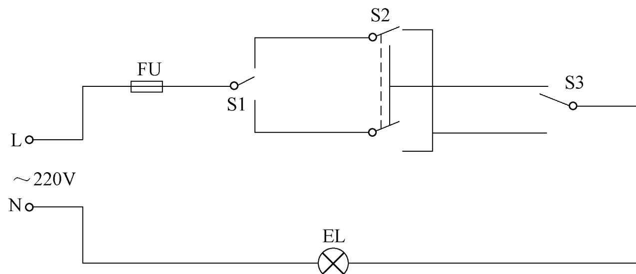


图21-10　用三个开关控制一盏灯电路

21.11　将两个110V灯泡接在220V电源上使用的电路

某些地区用的电源电压为110V，而目前我国绝大多数地区所用的电源电压为220V，按图21-11所示接线方法可将两个110V的灯泡接在220V电源上使用，接线方法为串联法。注意：两个110V的灯泡功率必须相同，否则，灯泡功率比较小的一个将极易烧坏。用这种方法，可以充分利用现有设备在不同场合中变换合理使用，利用起来也很方便。

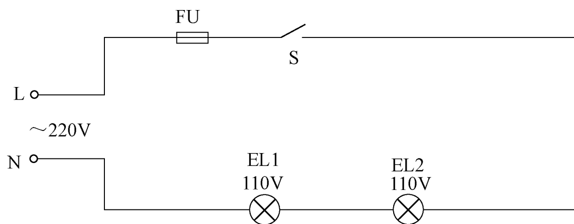


图21-11　将两个110V灯泡接在220V电源上使用的电路

21.12　用555时基集成电路组成的光控灯电路

用555时基集成电路组成的光控灯电路如图21-12所示，它可用在需要电灯自动点亮和熄灭的任意场合。

图中，555时基集成电路IC与光敏电阻RG、可调电阻器RP等组成滞后比较器。当白天光线照射光敏电阻RG时，其阻值变小、IC的2、6脚升至$\frac{2}{3}V_{DD}$电压时，3脚输出低电平，继电器K无电不动作，其常开触头断开灯泡电源，灯泡不亮；入夜无光线照射光敏电

阻 RG 时，其阻值变大，IC 的 2、6 脚电压降至$\frac{1}{3}V_{DD}$电源电压时，3 脚输出高电平，继电器 K 得电动作，其常开触头闭合，接通灯泡电源，灯泡点亮。元器件中，K 为 12V 直流继电器，可选 HG4085；RG 为光敏电阻，选 MG－41 或 MG－24，其亮阻小于 10kΩ，暗阻大于 10kΩ。

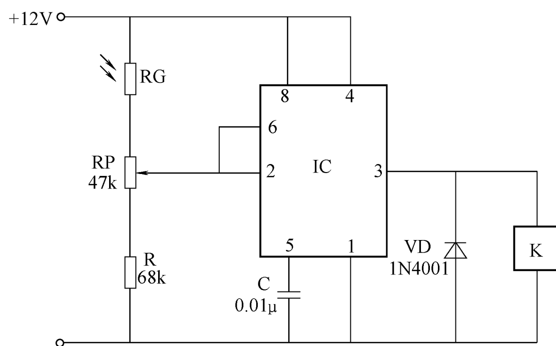


图 21-12 用 555 时基集成电路组成的光控灯电路

21.13 门控自动灯电路

门控自动灯电路由门控开关、延时电路、光控电路、电源电路和双向晶闸管 VTH 等组成，如图 21-13 所示。在夜间打开门时，自动点亮门厅或走廊的照明灯，过一段时间后又自动熄灭。而白天开门时，照明灯则不亮。

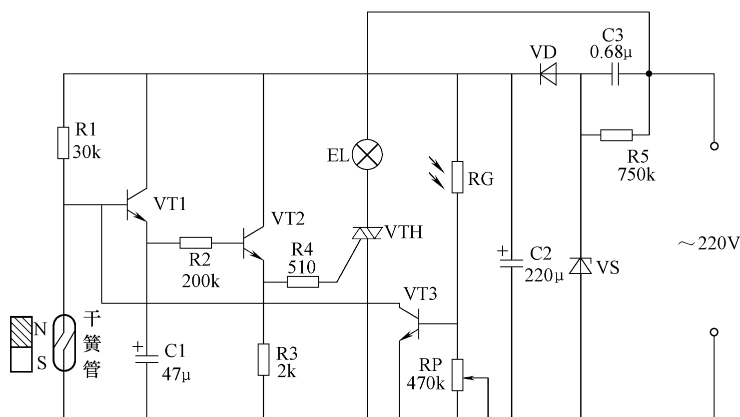


图 21-13 门控自动灯电路

在白天，光敏电阻 RG 受自然光线照射而呈低阻状态，VT3 导通，此时不管门是否打开，VT1 的基极均为低电平，VT1 和 VT2 均截止，VTH 也处于截止状态，照明灯 EL 不亮。在夜间，RG 因无光照射而阻值增大，使 VT3 截止。由于门是关闭的，干簧管内部的触头开关处于接通状态，故 VT1 的基极仍为低电平，VT1、VT2 和 VTH 均截止，EL 不亮。当门被打开时，干簧管内部的触头开关断开，VT1 因基极变为高电平而导通，使 VT2 和 VTH 均导

通，照明灯 EL 点亮。

VT1 ~ VT3 均选用电流放大倍数大于 100 的硅 NPN 型晶体管，例如 S9013、S8050 等型号。VD 选用 1N4007 型硅整流二极管。VS 选用 1W、12V 硅稳压二极管，例如 1N4142 型。VTH 选用 1A、400V 以上的双向晶闸管，例如 MCA94A4 或 MAC97A6 等型号。RG 选用 MG45 系列光敏电阻器，RP 选用小型膜式电位器。C1、C2 均选用耐压值为 25V 的电解电容器。C3 选用 CBB 无感电容器。

21.14 追逐式彩灯电路

本例是一种跳跃感特别强的新颖彩灯，其控制闪亮顺序采取 1→3→2→4 的跳马追逐方式。电路如图 21-14 所示。

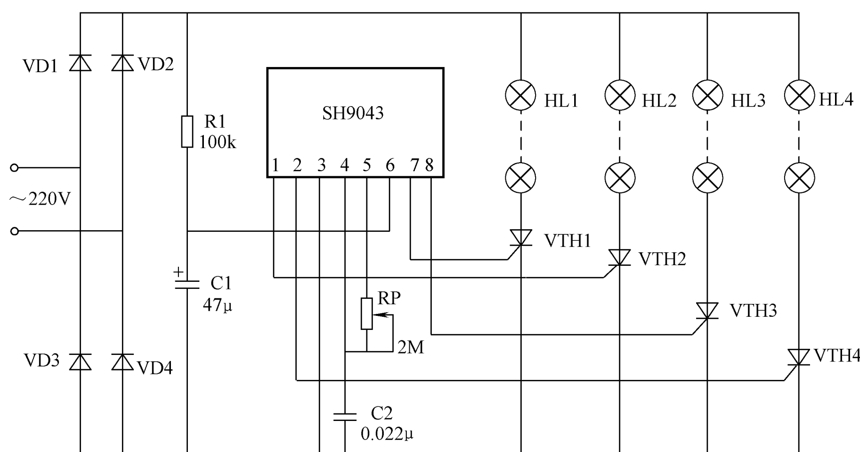


图 21-14 追逐式彩灯电路

二极管 VD1 ~ VD4 组成桥式整流电路，输出全波整流电压作为 4 路彩灯的电源，同时通过限流电阻 R1 并经电容 C1 滤波后作为集成电路 SH9043 的电源。电位器 RP 和电容 C2 是 SH9043 的外接电阻和电容，调节 RP 可以调节芯片内部振荡器的振荡频率，从而改变 4 路彩灯跳马追逐速率，闪光频率可以在 1 ~ 200Hz 之间变化。集成电路的 1 脚、2 脚、7 脚、8 脚分别与晶闸管 VTH2、VTH4、VTH1、VTH3 的门极相接。4 路输出信号用来控制晶闸管的导通与否，从而使得串接在晶闸管阳极回路中的灯串 HL1 ~ HL4 闪亮。

制作时，集成电路用 SH9043，VD1 ~ VD4 用 1N4004 型二极管，VTH1 ~ VTH4 用 2N6565 型单向晶闸管。R1 用 RTX – 2W 型碳膜电阻器，RP 用 WH5 型合成碳膜电位器；C1 用 CD11 – 10V 型普通电解电容器，C2 可用 CT1 型瓷介电容器；HL1 ~ HL4 用功率小于 100W 的市售彩灯串，也可用 60 个 3.8V 的小电珠串联而成。

21.15 重要场所停电应急照明灯自投电路

图 21-15 所示是一种简单的应急照明灯的原理图。当电力系统供电正常时，VD2 单相半

波整流，使继电器 KA 通电，常开触头 1、2 接通，VD1 半波整流电路经熔断器向 12V 蓄电池充电待用。一旦交流供电停止，继电器断电释放，常闭触头 2、3 接通。12V、15W 应急灯由 12V 蓄电池供电照明。待电力系统恢复供电后，继电器 KA 重新吸合，应急照明灯熄灭，蓄电池恢复充电待用状态。

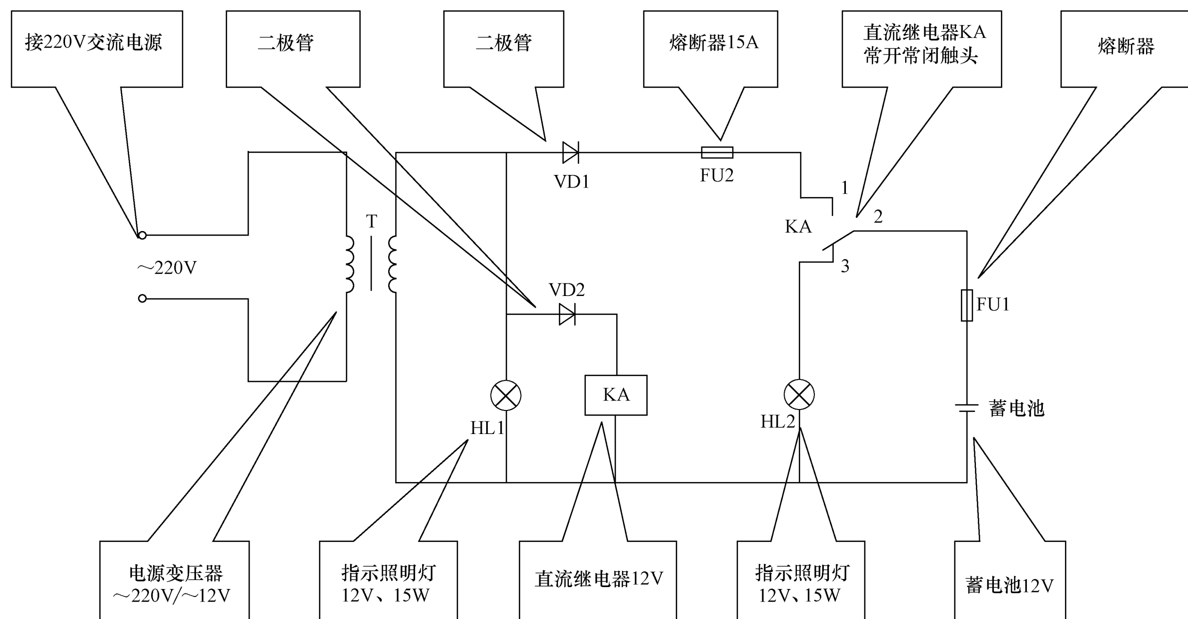


图 21-15　重要场所停电应急照明灯自投电路

21.16　KG316T 微电脑时控开关接线电路

KG316T 微电脑时控开关如图 21-16a 所示，它的接线非常简单，左边两端子接电源，右边两端子接负载，若负载功率超过 6kW 时，可外接一个交流接触器进行控制。它设置简单、方便，分 10 次接通和分断，时间可任意调整，也可按星期等方式进行设置。

直接控制方式的接线，被控制的电器是单相供电，功耗不超过该开关的额定容量（阻性负载为 25A），可采用直接控制方式，接线方法如图 21-16b 所示。单相扩容方式的接线，被控制的电器是单相供电，但功耗超过该开关的额定容量（阻性负载为 25A），那么就需要一个容量超过该电器功耗的交流接触器来扩容，接线方法如图 21-16c 所示。三相工作方式的接线，被控制的电器三相供电，需要外接三相交流接触器。控制接触器的线圈电压为 AC220V、50Hz 的接线方法如图 21-16d 所示。控制接触器的线圈电压为 AC380V、50Hz 的接线方法如图 21-16e 所示。

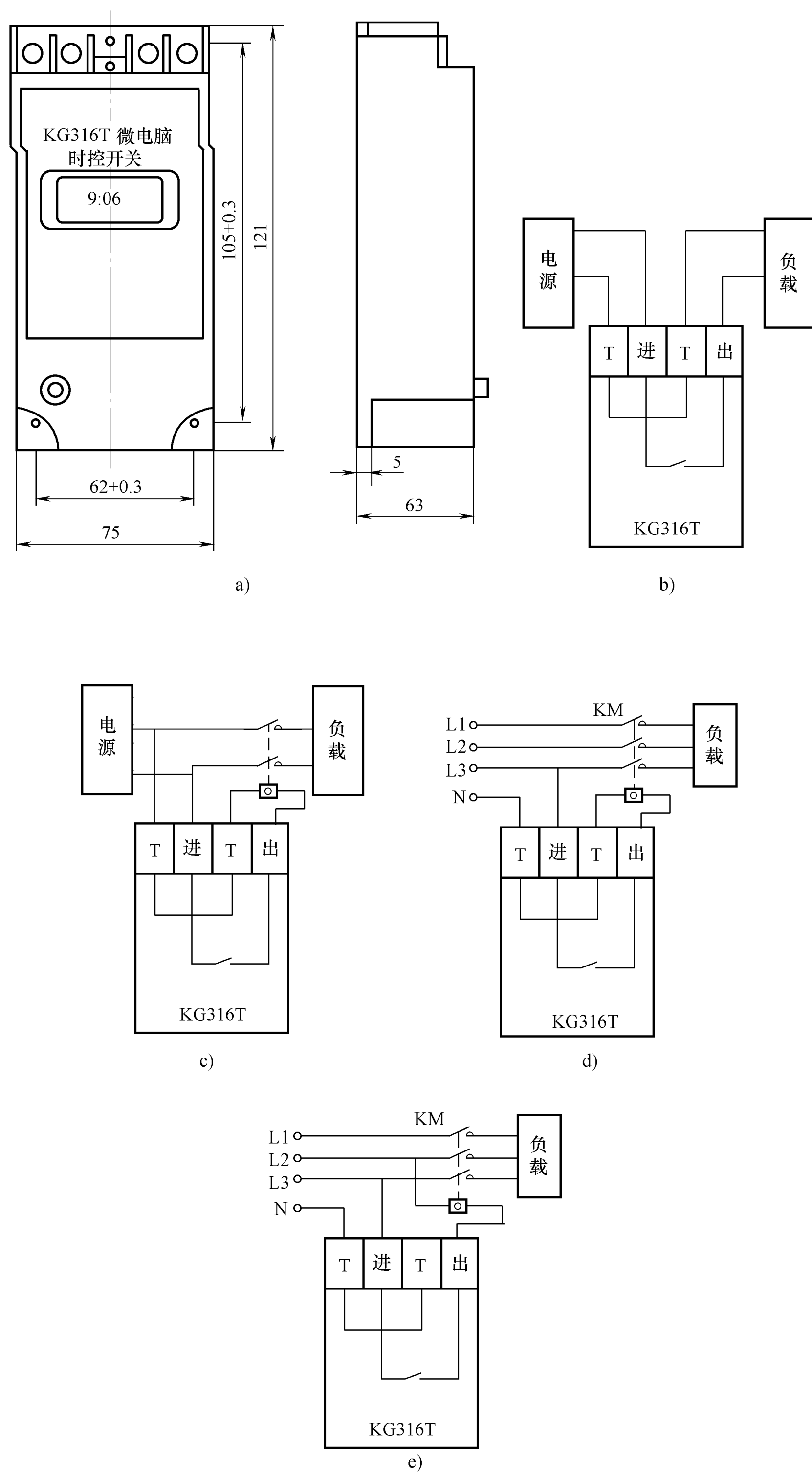


图 21-16　KG316T 微电脑时控开关接线电路

21.17 霓虹灯供电电路

霓虹灯是一种高电压气体放电灯，在灯管的两端施以高电压，高电压使管内的气体电离，进而发出彩色的辉光。其工作电压为6000～15000V，由特殊的专用变压器供给。这种变压器是一种漏磁变压器，特点是短路电流很小，不会因二次侧短路而烧毁变压器。常用的霓虹灯变压器容量为450VA，一次输入电压为220V、电流为2A，二次电压为15000V、电流为2mA，二次短路电流为30mA，能点亮长为12m、管径为12mm的霓虹灯管。常用的霓虹灯管外径在ϕ11～15mm之间，灯管用玻璃制造，管内抽成真空后，再充入少量的惰性气体和少量的汞气。充入的惰性气体不同，发出的光色也不同。为了得到更多绚丽的彩色光，往往将灯管内壁涂以各种颜色的荧光粉或各种透明色。

霓虹灯的供电电路如图21-17所示。为了节能，也可以采用交流电整流高频逆变高压供电。

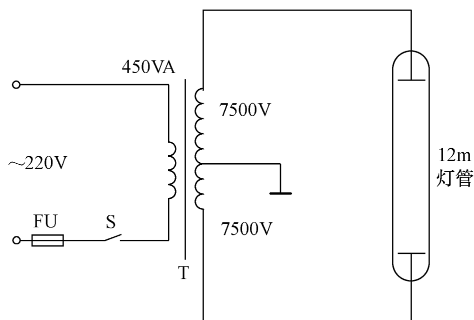


图21-17 霓虹灯供电电路

21.18 霓虹灯闪光电路

各种各样的霓虹灯增加了闪烁效果，还常常加有霓虹灯高压转动机和低压滚筒。高压转动机大致由线圈感应板、主轴、接触片和固定触头组成。当线圈通电后，产生磁感应带动感应板，从而带动接触片转动，依次接通各个放电灯管，使灯管按顺序明暗变化，如图21-18a所示。

还有一种为低压滚筒，它由交流电动机、圆筒、活动导电片和固定触头等组成。当交流电动机通电带动圆筒转动时，安装在圆筒上的导电片依次与固定触头接触，接通对应的霓虹灯变压器电源，从而得到各种不同的明暗变化图案。这种方法应用较多，它可控制多台霓虹灯变压器，供大幅图案变化用，如图21-18b所示。它是商家、房地产商、广告商的理想宣传工具。

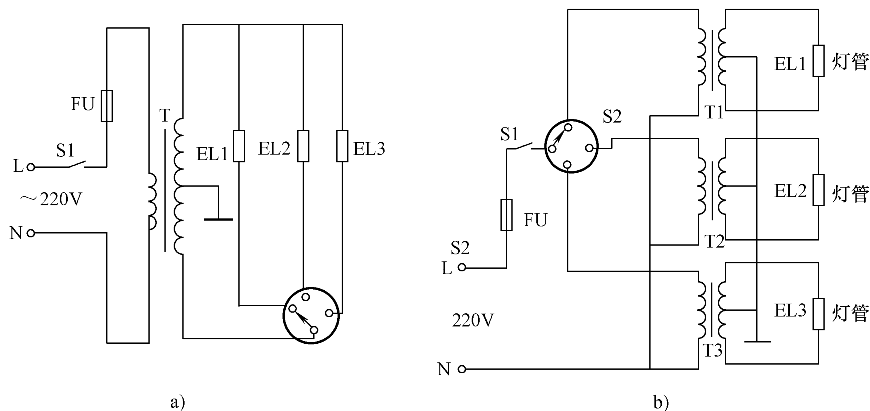


图21-18 霓虹灯闪光电路

21.19 应急照明灯电路

应急照明灯电路如图21-19所示。当开关S在“1”的位置时，220V的交流电源经变压器T1降压、VD1～VD4整流后向蓄电池GB充电。当停止交流供电时，可把开关S拨向“2”的位置，此时蓄电池向逆变变压器T2二次侧输出高压，使灯管启辉。

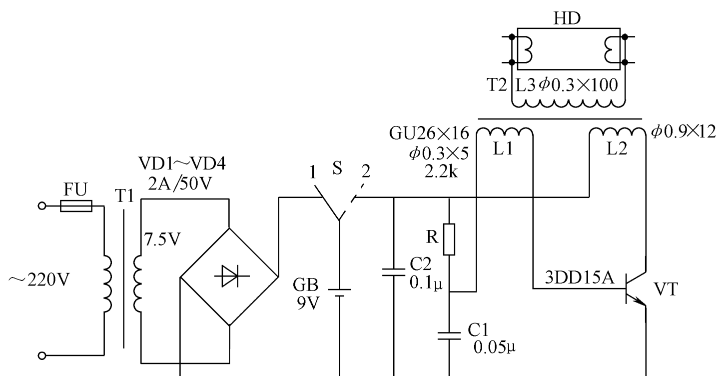


图21-19 应急照明灯电路

逆变变压器采用铁氧体罐形磁心绕制，规格为GU26×16。绕制时，要注意高压绕组L3的绝缘。电池组可根据条件选用。电源变压器可用10VA铁心绕制。灯管可选用7W的H形或U形节能灯。

电路安装无误后，如通电不起振，则有可能是反馈线圈接反，一般来讲，将L1两端对调，即可正常工作。调整C1的容量可改变振荡频率，C1的容量越大，振荡频率越低。

应急灯的应用很广泛，若应用在消防工程中时，除应具有产品相关合格证外，灯具还必须采用金属外壳，灯头（指白炽灯）不允许采用塑料制品。

21.20 微光调光定时有线遥控器电路

该装置具有室内微光照明与调光有线遥控照明功能，也适合城乡楼道、走廊等处照明。电路如图21-20所示。市电交流220V由变压器T变压为6V，经整流桥VD1～VD4整流，C1滤波，R1限流，稳压二极管VS稳压变换成直流电向IC（555时基集成电路）供电。

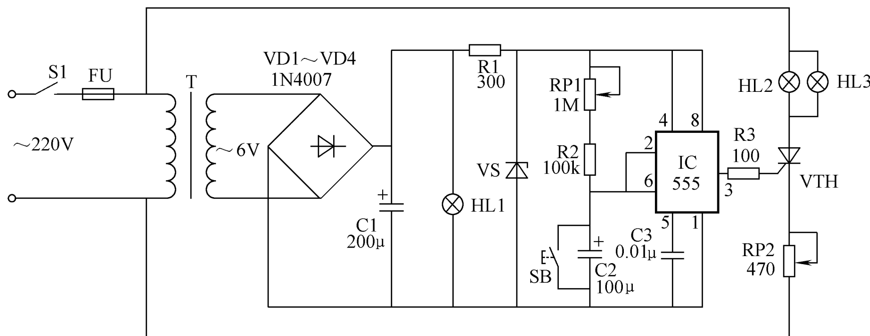


图21-20 微光调光定时有线遥控器电路



由 555 时基集成电路构成节电延时开关电路，电路中的延时电路由集成电路 IC、电容 C2 和 C3 、电阻 RP1 和 R2、按钮 SB 组成。当按下按钮 SB，IC 即被置位，输出端 3 脚呈高电平，晶闸管 VTH 被触发导通，灯泡 HL2、HL3 亮。当断开 SB 后，电源通过 RP1、R2 向 C2 充电，当充电至 $2/3V_{DD}$ 阈值时，IC 复位，3 脚输出呈低电平，使灯泡 HL2、HL3 熄灭。当按下复位按钮 SB 时定时电路工作，HL2、HL3 又亮起来。

定时电路决定于 RP1、R2 向 C2 充电的时间常数，调节 RP1 或改变 C2 的值就可改变定时时间的长短。如 RP1 为 1MΩ、C2 为 100μF 时，定时为 2min；RP1 为 10MΩ、C2 为 100μF 时，定时为 19min14s；RP1 为 10MΩ、C2 为 200μF 时，定时为 32min 等。RP1、C2 是可变元件。

当接通电源开关 S1 时，HL1 亮，可用于看电视或作床头灯，既有光照，又节约用电。

调节串在晶闸管 VTH 主电路的电位器 RP2，就改变了它在电路中的压降，相应改变了 HL2、HL3 的亮度，实现了无级调光。

整流电路采用桥堆或采用四个 1N4001 型二极管；VS 采用 2CW56 型稳压二极管；两个电位器分别为 1MΩ（根据需要可改变）和 470Ω；VTH 根据负载（并联灯泡的数量）来选择；变压器 T 选用 220/6V 的；HL1 用 6.3V 小灯泡，HL2、HL3 可用 15W/220V 普通照明灯泡；电阻均采用 1/8W 碳膜电阻；电容采用瓷片电容。

电路中的 SB 为按钮，当人外出回来时，按下按钮 SB，灯就亮起来，过一会，定时 1 ~ 2min，照明灯自动熄灭。调节两个电位器，通过改变其阻值来调整定时时间和亮度。

21.21 电话自控照明灯电路

图 21-21 所示是用 555 时基集成电路制作的电话自控照明灯电路，它在夜间电话铃响或摘机拨号（打电话）时，能使照明灯自动点亮，且在电话挂机 1min 后，照明灯能自动熄灭。该电路由控制电路、单稳态触发器、晶闸管 VTH 和电源电路组成。

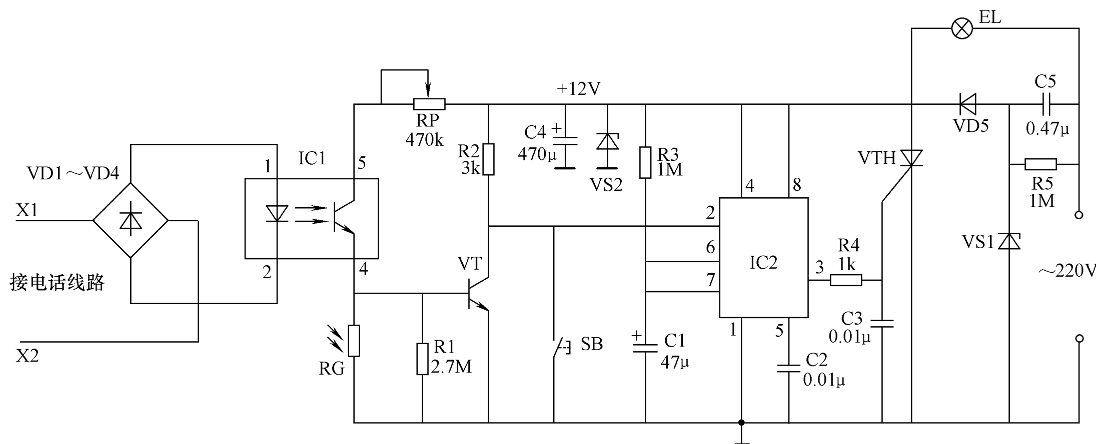


图 21-21　电话自控照明灯电路

VD1 ~ VD4 接成桥式整流电路，其两个输入端串接在电话线路中。晶闸管 VTH 与照明灯 EL 串接后，再并联接在 220V 电源电路中。平时电话线路中无电流通过，光耦合器 IC1

内部的发光二极管不发光，光敏晶体管处于截止状态，晶体管 VT 因基极为低电平也截止，IC2 的 2 脚为高电平（高于 $V_{CC}/3$），IC2 内部的单稳态触发器处于稳态，其 3 脚输出低电平，晶闸管 VTH 截止，照明灯 EL 不亮。

在夜晚，当摘机拨打电话或外线有电话打入（电话铃响）时，电话线路中有电流通过，使光耦合器 IC1 内部的发光二极管发光，光敏晶体管导通，晶体管 VT 因基极变为高电平而导通，使 IC2 的 2 脚产生低电平脉冲信号，IC2 内部的单稳态触发器翻转变为暂态，其 3 脚输出高电平，使晶闸管 VTH 导通，照明灯 EL 点亮。

打完电话挂机后，光耦合器 IC1 内部的发光二极管和光敏晶体管均截止，晶体管 VT 也因基极变为低电平而截止，IC2 的 2 脚又恢复高电平（高于 $V_{CC}/3$），但此时 IC2 的 6 脚电压仍低于 $2V_{CC}/3$，单稳态触发器仍维持暂态，+12V 电压开始经电阻器 R3 对电容器 C1 充电。当 C1 充电结束、IC2 的 6 脚电压上升至 $2V_{CC}/3$ 时，IC2 内部的单稳态触发器翻转，由暂态变为稳态，其 3 脚输出低电平，使 VTH 截止，照明灯 EL 熄灭。

在白天，光敏电阻器 RG 受室内自然光线的照射而呈低阻值状态，晶体管 VT 的基极始终为低电平，单稳态触发器电路始终处于稳态，即使有电话打入，照明灯 EL 也不会点亮。只有在夜晚关灯后拨打电话或有电话铃声时，单稳态触发器电路才被触发工作。

调整电位器 RP，可以改变光控的灵敏度。

IC2 的 1 脚与 2 脚之间接有按钮 SB，平时需要使用照明灯时，只要按一下 SB，人为地给 IC2 的 2 脚加上一个触发低电平，使单稳态触发器电路翻转，照明灯 EL 即可以点亮 1min。

IC1 选用光耦合器 4N25；IC2 选用 NE555、SL555 等型号的时基集成电路。VT 选用 S9014 或 S8050 型硅 NPN 型晶体管，VD1～VD5 均选用 1N4007 型硅整流二极管。

21.22　声光控自动照明灯电路

这是一种智能灯具，能够只在夜晚有人时才自动开灯，人走后即自动关灯，既满足了照明的需要，又最大限度地节约了电能。电路如图 21-22 所示，主要元器件使用了数字集成电路，简化了电路结构，提高了工作可靠性。

电路工作原理如下：

1）光敏二极管 VD1 等组成光控电路。白天由于环境光很亮，VD1 导通，D8 输出低电平封闭了与非门 D7，照明灯泡 EL 不亮。夜晚 VD1 截止，D8 输出高电平开启了与非门 D7，灯泡 EL 亮或不亮取决于声控电路。

2）驻极体话筒 BM 等组成声控电路。没有行人时灯泡 EL 不亮。当有行人接近时，行人的脚步声或讲话声由话筒 BM 接收、D1～D3 放大、D6 整形、D4 倒相后，经过与非门 D7 使开关管 VT 和双向晶闸管 VTH 导通，照明灯 EL 点亮。

3）VD2、C2 等组成延时电路。当声音信号消失后，由于延时电路的作用，照明灯 EL 将继续点亮数十秒后才关闭。

4）与非门 D7 输出端的信号又回送至光控门 D8，在灯泡 EL 点亮时封闭光控电路信号，这样即使本灯的灯光照射到光敏二极管 VD1 上，系统也不会误认为是白天而造成照明灯刚点亮就立即关闭。



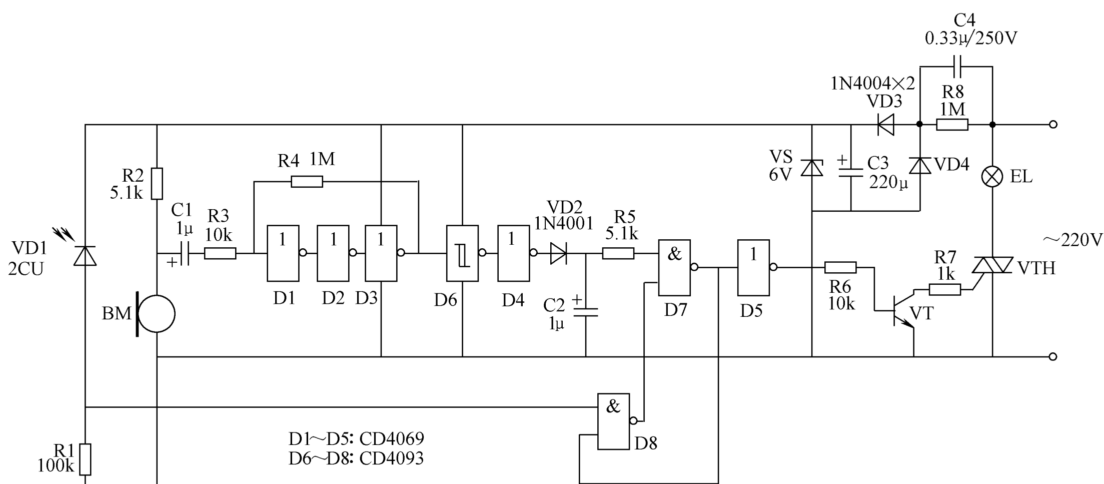


图 21-22　声光控自动照明灯电路

该灯电路可以安放在灯座中，外表只留感光孔和感声孔，组成一个整体，特别适合安装在楼梯、走廊等公共场所。

附　　录

电工常用电气电路图形符号与文字符号

类别	图形符号	名称	文字符号
电阻		电阻	R
		可变电阻	R
	U	压敏电阻	RV
	θ	热敏电阻	RT
		带滑动触头的电位器	RP
常用图形符号		直流	DC
		交流	AC
		接地一般符号	
		保护接地	PE
	或	接机壳或底板	
	3 或	三根导线	
	•	连接，连接点	
	○	端子	X
接插器		插座（内孔）的或插座的一个极	XS
		插头或插头的一个极	XP
半导体二极管		二极管	VD
		发光二极管	VL
		稳压二极管	VS
		双向二极管	VD

（续）

类别	图形符号	名称	文字符号
晶闸管		一般晶闸管	VTH
		双向晶闸管	VTH
半导体管		PNP 型晶体管	VT
		NPN 型晶体管	VT
		光敏晶体管	VT
		蜂鸣器	HA
电容器		电容器的一般符号	C
		极性电容器	C
		可调电容器	C
电感器		电感器符号	L
		带磁心的电感器	L
压电晶体		压电晶体	B
开关	或	开关的一般符号	SA
		手动开关一般符号	SA
		手动三极开关	QS
		三极隔离开关	QS
		三极负荷开关	QS
		三极旋钮开关	QS
		低压断路器	QF
	后 前 2 1 0 1 2 1 2 3 4	控制器或操作开关	SA

（续）

类别	图形符号	名称	文字符号
测量仪表		电压表	PV
		电流表	PA
熔断器		熔断器	FU
互感器	或	电流互感器	TA
		电压互感器	TV
电抗器，扼流圈		电抗器	L
接触器		线圈操作器件	KM
		常开主触头	KM
		常开辅助触头	KM
		常闭辅助触头	KM
位置开关		常开触头	SQ
		常闭触头	SQ
		复合触头	SQ
电磁操作器	或	电磁铁的一般符号	YA
		电磁吸盘	YH
按钮		常开按钮	SB
		常闭按钮	SB
		复合按钮	SB
		急停按钮	SB
		钥匙操作式按钮	SB

（续）

类别	图形符号	名称	文字符号
电动机	M	直线电动机	M
	M	步进电动机	M
	M 3～	三相笼型异步电动机	M
	M 3～	三相绕线转子异步电动机	M
	M	他励直流电动机	M
	M	并励直流电动机	M
	M	串励直流电动机	M
发电机	G	发电机	G
	TG	直流测速发电机	TG
中间继电器		线圈	KA
		常开触头	KA
		常闭触头	KA
电磁操作器		电磁离合器	YC

（续）

类别	图形符号	名称	文字符号
电磁操作器		电磁制动器	YB
		电磁阀	YV
热继电器		热元件	FR
		常闭触头	FR
时间继电器		通电延时吸合线圈	KT
		断电延时缓放线圈	KT
		瞬时闭合的常开触头	KT
		瞬时断开的常闭触头	KT
		延时闭合的常开触头	KT
		延时断开的常闭触头	KT
		延时闭合的常闭触头	KT
		延时断开的常开触头	KT
电流继电器	$I>$	过电流线圈	KA
	$I<$	欠电流线圈	KA
		常开触头	KA
		常闭触头	KA



（续）

类别	图形符号	名称	文字符号
电压继电器	U>	过电压线圈	KV
变压器		单相变压器	TC
		三相变压器	TM
灯	⊗	信号灯（指示灯）	HL
	⊗	灯，照明灯	EL



编著图书推荐表

姓名	出生年月		职称/职务		专业		
单位				E－mail			
通讯地址						邮政编码	
联系电话		研究方向及教学科目					
个人简历（毕业院校、专业、从事过的以及正在从事的项目、发表过的论文）							
您近期的写作计划有：							
您推荐的国外原版图书有：							
您认为目前市场上最缺乏的图书及类型有：							

地址：北京市西城区百万庄大街 22 号　机械工业出版社，电工电子分社

邮编：100037　网址：www. cmpbook. com

联系人：张俊红　电话：13520543780　010-68326336（传真）

E-mail：buptzjh@163. com（可来信索取本表电子版）

电工电子名家畅销书系

书名	作者（主编）
图解电工口诀	才家刚
图解电工基础	郎永强
图解电工技能入门	杨清德
图解维修电工技能一点通	黄海平
图解家装电工技能一点通	周志敏
图解当代电工室内电气配线与布线一点通	流　耘
图解电动机使用入门与技巧	孙克军
图解低压电工上岗跟我学（双色版）	秦钟全
双色图解电工识图入门	郑凤翼
双色图解万用表检测电子元器件	韩雪涛
双色图解电子元器件核心知识与选用	胡　斌
图解电子电路一点通	姜有根
图解万用表使用从入门到精通	孙立群
图解LED应用从入门到精通	刘祖明
图解小家电维修从入门到精通	阳鸿钧
图解液晶彩色电视机检修从入门到精通	杨成伟
图解液晶彩电开关电源维修技能快训	张新德
图解电动自行车/三轮车维修从入门到精通	刘遂俊
全彩图解空调器维修从入门到精通	李志锋
图解PLC技术问答	张运刚
图解变频器技术问答	咸庆信
图解PLC技术一点通	李长军
图解数控技术一点通	李方园
图解变频器使用与电路检修	蔡杏山
电工电子实用电路365例	王兰君
简明实用电工查算手册	方大千
常见电气故障排除技术技能手册	白玉岷

地址：北京市百万庄大街22号
邮政编码：100037
电话服务
社服务中心：010-88361066
销售一部：010-68326294
销售二部：010-88379649
读者购书热线：010-88379203
网络服务
教材网：http://www.cmpedu.com
机工官网：http://www.cmpbook.com
机工官博：http://weibo.com/cmp1952
封面无防伪标均为盗版

上架指导　工业技术／电工技术
ISBN 978-7-111-43390-3
策划编辑◎张俊红



定价：49.80元